

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Dynamická simulace logistických procesů v expedičním centru dílů
ve Škoda Auto a.s.

Bc. Jakub Průcha

Diplomová práce
2023

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub Průcha**
Osobní číslo: **D21496**
Studijní program: **N1041A040008 Technologie a management v dopravě**
Specializace: **Dopravní management, marketing a logistika**
Téma práce: **Dynamická simulace logistických procesů v expedičním centru dílů ve Škoda Auto a.s.**
Zadávací katedra: **Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky**

Zásady pro vypracování

Úvod

1. Charakteristika vybraných logistických procesů a jejich simulace
2. Analýza logistických procesů v expedičním centru dílů ve Škoda Auto a.s.
3. Návrhy na zlepšení logistických procesů v expedičním centru dílů ve Škoda Auto a.s.
4. Zhodnocení návrhů

Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **50-60 stran**
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucí/ho**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:
dle pokynů vedoucí/ho práce

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Roman Hruška, Ph.D.**
Katedra dopravního managementu, marketingu
a logistiky

Datum zadání diplomové práce: **31. října 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2023**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

Ing. Pavla Lejsková, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. dubna 2023

Prohlašuji:

Práci s názvem Dynamická simulace logistických procesů v expedičním centru dílů ve Škoda Auto a.s. jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 12. 5. 2023

Bc. Jakub Průcha v. r.

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Romanu Hruškovi, Ph.D. a zaměstnancům ze společnosti Škoda Auto z oddělení Plánování logistiky zahraničí a Řízení konceptů výroby a investic za vstřícný přístup a cenné rady při zpracování diplomové práce.

ANOTACE

Diplomová práce se zaměřuje na logistické procesy v expedičním centru dílů ve společnosti Škoda Auto. Zmíněné procesy jsou analyzovány pomocí dynamické simulace a na základě výsledků jsou odhalena úzká místa. Poslední dvě kapitoly obsahují návrhy na zlepšení těchto procesů a jejich zhodnocení.

KLÍČOVÁ SLOVA

expediční centrum dílů, Škoda Auto, dynamická simulace

TITLE

Dynamic simulation of logistic processes in the parts expedition center at Škoda Auto a.s.

ANNOTATION

The diploma thesis focuses on logistic processes in the parts expedition center at Škoda Auto company. The mentioned processes are analysed using dynamic simulation and the bottlenecks are revealed based on the results. The last two chapters contain suggestions for improvement of these processes and their evaluation.

KEYWORDS

parts expedition center, Škoda Auto, dynamic simulation

OBSAH

ÚVOD	9
1 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH LOGISTICKÝCH PROCESŮ A JEJICH SIMULACE	10
1.1 Definice logistiky a vybrané logistické metody a technologie.....	10
1.1.1 Just in Time	10
1.1.2 Just in Sequence	11
1.1.3 Automaticky řízené vozíky	11
1.2 Skladování.....	12
1.2.1 Funkce skladů.....	12
1.2.2 Typy skladů podle průběhu výroby.....	13
1.2.3 Automatické uskladňovací a vychystávací systémy (AS/RS).....	13
1.3 Zásoby.....	14
1.3.1 Rozdělení zásob	14
1.3.2 Funkce zásob.....	15
1.3.3 Řízení zásob	15
1.4 Simulace.....	16
1.4.1 Fáze simulačních projektů.....	17
1.4.2 Diskrétní simulace.....	18
1.4.3 Využití simulací	19
1.4.4 Siemens Plant Simulation	20
2 ANALÝZA LOGISTICKÝCH PROCESŮ V EXPEDIČNÍM CENTRU DÍLŮ VE ŠKODA AUTO A.S.	22
2.1 Představení společnosti Škoda Auto a.s.....	22
2.2 Expediční centrum dílů	23
2.3 Zahraniční projekty	25
2.4 Haly a venkovní plochy expedičního centra dílů	26
2.5 Hala U33	28
2.5.1 Logistické činnosti na hale U33	29
2.5.2 Automatizované skladové systémy Kardex	31
2.5.3 KLT balicí linka	32
2.6 Dynamická simulace haly U33	32
2.6.1 Představení projektu dynamické simulace	33

2.6.2	Zkoumaný proces	34
2.6.3	Vstupní data dynamické simulace.....	35
2.6.4	Popis fungování modelu.....	36
2.6.5	Verifikace a validace modelu.....	38
2.6.6	Produktivní čas pracovníka	39
2.6.7	Analýza procesu pomocí dynamické simulace	40
2.7	Shrnutí analýzy	44
3	NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ LOGISTICKÝCH PROCESŮ V EXPEDIČNÍM CENTRU DÍLŮ VE ŠKODA AUTO A.S.	46
3.1	Využití válečkového dopravníku pro přesun materiálu na balicí pracoviště	46
3.2	Navýšení počtu pracovníků obsluhy automatizovaných skladových systémů.....	48
3.3	Nasazení autonomních vozíků pro zásobování balicích pracovišť materiálem	49
4	ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ	51
4.1	Zhodnocení návrhu využití válečkového dopravníku pro přesun materiálu na balicí pracoviště	51
4.2	Zhodnocení návrhu navýšení počtu pracovníků obsluhy automatizovaných skladových systémů	53
4.3	Zhodnocení návrhu nasazení autonomních vozíků pro zásobování balicích pracovišť materiálem.....	55
4.4	Ekonomické zhodnocení navržených opatření.....	57
4.5	Shrnutí zhodnocení navržených opatření	59
	ZÁVĚR	60
	POUŽITÁ LITERATURA.....	61
	SEZNAM TABULEK.....	63
	SEZNAM OBRÁZKŮ	64
	SEZNAM ZKRATEK.....	65
	SEZNAM PŘÍLOH	66

ÚVOD

V dnešní době se většina společností snaží zaměřit na své podnikové procesy, především na jejich zkvalitnění a zvýšení efektivnosti ve snaze přiblížení se optimálnímu stavu. Cílem neustálého zlepšování podnikových procesů je snížení nákladů, zvýšení kvality nabízených statků a služeb nebo třeba získání konkurenční výhody na trhu. Pro některé společnosti je dostatečnou motivací ke zkvalitnění procesu i ochrana životního prostředí.

Stejně ke svým procesům přistupuje i společnost Škoda Auto. Výrobce osobních vozů s okřídleným šípem ve znaku se snaží své procesy optimalizovat nejen z důvodu snížení nákladů a zkvalitnění svých produktů, ale také kvůli ochraně životního prostředí. Velkoobjemová výroba představuje pro životní prostředí značnou zátěž a je potřeba tento faktor brát v potaz při plánování procesů i jednotlivých činností.

Pro nalezení cesty ke zlepšení procesů v podniku je možné využít mnoho postupů, metod a nástrojů, počínaje základními matematickými a statistickými výpočty až po komplexní metody zlepšování zaměřené na celý proces. Se stále se vyvíjejícími informačními technologiemi se dnešní moderní podniky ubírají směrem digitalizace a využívají řadu nástrojů pro podporu podnikových procesů a jejich analýzu. Jedním z těchto nástrojů je dynamická simulace.

Dynamická simulace umožňuje přenesení podnikových procesů do počítačového modelu za účelem jejich analýzy a testování. Tato metoda nachází své uplatnění především u rozsáhlých a složitých podnikových procesů, příkladem může být výroba. Rozšíření výrobní linky, automatizace a další úpravy výrobního procesu bývají nákladné a je potřeba tyto investice a jejich dopady na chod podniku řádně zhodnotit. Pomocí dynamické simulace je možné tyto plánované změny počítačově simulovat a na základě výsledků vybrat vhodnou variantu pro daný proces.

Tato práce se bude zabývat logistickými procesy v expedičním centru dílů a dynamická simulace bude využita jako nástroj pro provedení analýzy. Cílem této diplomové práce bude na základě provedené analýzy logistických procesů navrhnout opatření, která zlepší tyto procesy.

1 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH LOGISTICKÝCH PROCESŮ A JEJICH SIMULACE

Tato kapitola se zabývá teoretickými poznatky řešené problematiky. Nejdříve se zaměřuje na definici logistiky a popis vybraných logistických metod a technologií. V následující části se zabývá skladováním a zásobami a závěr kapitoly je věnován simulaci procesů.

1.1 Definice logistiky a vybrané logistické metody a technologie

Pojem logistika je odvozeno od řeckého výrazu „logos“, což lze přeložit jako slovo, počítání, rozum (Lukoszová, 2020). Slovo logistika není novým pojmem, za dobu své existence prošla definice logistiky mnoha úpravami a odborní autoři definují logistiku různými způsoby. (Sixta a Žižka, 2009). Aktuální a velmi rozsáhlou definici uvádí ve své knize Sixta a Mačát (2005, s. 25) a její znění je: *„Logistika je řízení materiálového, informačního i finančního toku s ohledem na včasné splnění požadavků finálního zákazníka a s ohledem na nutnou tvorbu zisku v celém toku materiálu.“*

Cíle podnikové logistiky lze rozdělit na prioritní a sekundární, kde do prioritních řadíme cíle vnější a výkonové, do sekundárních patří cíle vnitřní a ekonomické (Sixta a Žižka, 2009). Jednotlivé cíle popisují autoři takto:

- **Vnější cíle** – jsou zaměřeny na uspokojování přání zákazníků a zahrnujeme sem zvyšování objemu prodeje, zkracování doby dodání zboží nebo zvyšování flexibility služeb.
- **Výkonové cíle** – vztahují se ke snaze zabezpečit požadovanou úroveň poskytovaných služeb, aby správný produkt byl u správného zákazníka, ve správný čas a ve správném okamžiku.
- **Vnitřní cíle** – tyto cíle se orientují na snižování nákladů spojených s poskytovanými službami. Jedná se o snižování nákladů v oblasti zásob, dopravy, výroby nebo manipulace s materiálem a jeho skladováním.
- **Ekonomické cíle** – zabezpečují, aby námi poskytované služby byly pro podnik přijatelně nákladné. Snahou je optimalizovat náklady vynaložené na poskytnutí logistických služeb.

1.1.1 Just in Time

Just in Time (zkráceně JIT) je koncept řízení výroby, jehož základní myšlenkou je vyrábět pouze nezbytný produkt, ve správné kvalitě, množství a v nejpozději přípustném čase

(Keřkovský, 2009). Zásobování výrobní linky provádí dodavatel jednou nebo i několikrát denně, tím se fronty materiálu na výrobní lince pro zpracování zkracují (Štůstek, 2007). Klíčové předpoklady pro úspěšné zavedení JIT do praxe, jak uvádí autor, jsou stabilita poptávky, spolehliví dodavatelé materiálu, kontrola kvality na vysoké úrovni a také flexibilní zaměstnanci. Při implementaci této koncepce přenáší odběratel některé operace na dodavatele, například skladování nebo příprava a kompletace materiálu (Tomek a Vávrová, 2014).

Autoři zmiňují, že úspěšné zavedení systému JIT s sebou nese mnoho výhod, jako pokles nákladů a spotřeby času spojeného se skladováním a dodávkami dílů na výrobní linku, zrychlení pohybu oběžného kapitálu nebo snížení potřeby skladových i výrobních ploch.

Mezi nevýhody autoři řadí např. hrozící zastavení výroby v případě, že dodavatel není schopen plnit dodávky a kvůli nízkým pojistným zásobám není podnik schopen dlouhodobě pokrýt tyto výpadky dodávek.

1.1.2 Just in Sequence

Metoda Just in Sequence (JIS) je nadstavbou Just in Time, kdy je materiál dodáván na výrobní linku ve správný čas, stejně jako u koncepce Just in Time, ale liší se v tom, že díly jsou navíc dodávány ve správném pořadí neboli v sekvencích (Stark, 2019). Daný díl může být například dodáván v různých barvách dle toho, co si zákazník při objednávce vozu nakonfiguroval, dodavatelé tedy obdrží odvolávku nejen na množství dílu, ale také jeho konkrétní variantu (Tomek a Vávrová, 2014). Při implementaci této metody je nezbytná spolupráce se spolehlivými a flexibilními dodavateli (Stark, 2019).

1.1.3 Automaticky řízené vozíky

Automaticky řízené vozíky (Automated Guided Vehicle, zkráceně AGV) jsou v logistice spojovány především s přesunem materiálu a zboží z jednoho místa na druhé (Bandyopadhyay, 2019). Tyto počítačově řízené vozíky napájeny zpravidla akumulátorem využívají ke svému pohybu navigaci pomocí různých technologií, jako např. navádění magnetickým páskem, optické navádění pomocí barevných pruhů na podlaze, laserovou technologii navádění a ty nejmodernější vozíky také přirozenou navigaci, kdy si počítač vytváří virtuální trasy skenováním daného prostředí, uvádí autorka.

Automaticky řízené vozíky mohou být podle použití rozděleny následovně (Ghiani, Laporte a Musmanno, 2022):

- **tažné autonomní vozíky** využívané pro tažení několika přípojných vozíků s materiálem,
- **autonomní vysokozdvížné vozíky** vhodné pro nakládku a vykládku palet,

- **plošinové AGV** pro přepravu palet, na rozdíl od autonomních vysokozdvizných vozíků nejsou schopny nakládky ani vykládky,
- **podjezdové automaticky řízené vozíky** schopné najet např. pod regál, nadzvednout ho a následně přemístit na požadované místo,

1.2 Skladování

Důležitou součástí expedičního centra dílů společnosti Škoda Auto jsou skladové plochy a zásoby. Skladování představuje důležitou část logistického systému, jde o spojovací článek mezi výrobcí a zákazníky, zabezpečuje uskladnění surovin, materiálu, dílu nebo hotových výrobků jak v místě jejich vzniku, tak i mezi místem vzniku a místem spotřeby (Sixta a Mačát, 2005).

1.2.1 Funkce skladů

Přes to, že skladování může být pro podnik náročné jak z hlediska nákladového, tak i požadavků na skladové kapacity, je jen málo společností, které se bez skladování obejdou (Wöhe a Kislíngerová, 2007). Autoři uvádí, že skladování v podniku plní důležité funkce.

První z uvedených funkcí je **vyrovnávací funkce**, která zajišťuje překlenutí časových a kvantitativních rozdílů vznikajících mezi pořízením a výrobou (Wöhe a Kislíngerová, 2007). Tyto rozdíly jsou způsobeny různým nastavením materiálových toků a potřebě materiálu, uvádí ve své publikaci Sixta a Mačát (2005).

Cílem **zabezpečovací** nebo někdy také **bezpečnostní funkce** je předejít problémům v zásobování způsobených nepředvídatelnými riziky ve výrobním procesu, zpožděním dodávek zásob ze strany dodavatele nebo změnami na odbytových trzích (Sixta a Mačát, 2005).

Spekulační funkce je vyvolaná předpokládaným zvýšením cen na zásobovacích a odbytových trzích (Wöhe a Kislíngerová, 2007). Jedná se o úmyslné předzásobení před očekávaným navýšením cen, pokračují autoři.


V rámci **zušlechťovací funkce** se můžeme setkat s pojmem „produktivní sklad“, jelikož samotné skladování je součástí výrobního procesu a při skladování probíhají jakostní změny skladovaných produktů jako je např. kvašení, sušení nebo zrání (Sixta a Mačát, 2005).

Poslední zmíněnou funkcí skladu dle Sixty a Mačáta (2005) je **kompletační funkce**, která řeší rozdíly a rozpory mezi omezenou nabídkou produktů ze strany výrobců a rozmanitými požadavky prodejců.

1.2.2 Typy skladů podle průběhu výroby

Sklady je možné rozdělit z mnoha hledisek, pro tuto práci bude důležité především rozdělení podle průběhu výroby. Z hlediska průběhu výroby rozlišujeme čtyři typy skladu – vstupní sklad, příruční sklad, mezisklad a expediční sklad, jak je uvedeno v tabulce 1.

Tabulka 1 Typy skladů podle průběhu výroby

Výrobní proces				
Typ skladu	Vstupní sklad	Příruční sklad	Mezisklad	Expediční sklad
Předmět skladování	Materiál	Materiál	Polotovary	Hotové výrobky
Umístění skladu	Sběrný tábor nákupu	Před daným pracovním místem	Mezi jednotlivými stupni výroby	Sběrný sklad pro prodej

Zdroj: Wöhe a Kislingerová (2007)

Na začátku výrobního procesu se materiál nachází v tzv. vstupním skladu, odkud je přepraven do příručního skladu k danému pracovišti (Wöhe a Kislingerová, 2007). Následně je materiál zpracován ve výrobě a mezi jednotlivými stupni výroby jsou umístěny mezisklady s polotovary, které se na výrobní lince postupně přeměňují na hotové výrobky, jež jsou umístěny v expedičním skladu, dodávají autoři.

1.2.3 Automatické uskladňovací a vychystávací systémy (AS/RS)

Automatické uskladňovací a vychystávací systémy (zkráceně AS/RS – Automated storage and retrieval system) jsou, jak již z názvu vyplývá, široce využívané automatické systémy sloužící k manipulaci, uskladnění a vychystání materiálu (Manzini, 2014). Autor dále uvádí, že využití této technologie je časté v distribučních centrech a podnicích zaměřených na co nejvyšší stupeň automatizace procesů, uplatnění ale nachází také v moderních výrobních podnicích, ať už pro uskladnění materiálu nebo polotovarů určených pro další zpracování. Předností této technologie je její rychlost manipulace s materiálem, spolehlivost a efektivita, zlepšení kontroly a řízení zásoby, snížení potřeby ploch pro skladování a množství manipulační techniky (Kahraman a Cebi, 2020).

V závislosti na velikosti a množství uskladněných produktů, způsobu uskladnění a vyskladnění rozlišujeme několik druhů technologií AS/RS – Unit load systémy vhodné pro uskladnění materiálu uloženého v obalech se standardizovaným rozměrem nebo paletách, tento

typ lze považovat za základní a velké množství ostatních druhů systému AS/RS jsou jeho modifikacemi (Kahraman a Cebi, 2020). Miniload AS/RS je využíván především při skladování dílů menších rozměrů umístěných v zásobnících nebo šuplíkách umístěných v zásobnících a přepravnících, popisuje Kahraman a Cebi (2020). Pro manipulaci s velkým množstvím zásob je vhodná technologie Deeplane AS/RS, omezujícím faktorem této technologie je vhodnost především pro uskladnění určitého počtu rozdílných dílů, protože police jsou konstruovány pro uskladnění stejného typu dílů (Manzini, 2014). Rozdílnou koncepcí oproti ostatním typům je Person-on-board AS/RS, kde s materiálem manipuluje přímo pracovník obsluhy, který stojí na pohyblivé platformě a materiál vyskládá ručně ze zásobníku (Kahraman a Cebi, 2020).

1.3 Zásoby

Se skladováním se úzce pojí zásoby. Základními složkami zásob jsou hotové výrobky (Sedláček, 2004). Optimální struktura a množství zásob je předpokladem pro úspěšnost výroby i jiné podnikatelské činnosti, uvádí autor.

1.3.1 Rozdělení zásob

Z účetního hlediska můžeme zásoby rozdělit do třech základních skupin – materiál, kam řadíme např. suroviny, náhradní díly (Sedláček, 2004). Druhou skupinou jsou zásoby vlastní výroby, sem patří polotovary, výrobky nebo nedokončená výroba, poslední skupinou jsou zásoby zboží, které bylo nakoupeno za účelem prodeje, jak uvádí autor.

V praxi se setkáváme i s rozdělením zásob na výrobní zásoby, zásoby nedokončené výroby a zásoby hotových výrobků (Tomek a Vávrová, 2007).

- **Výrobní zásoby** – Tato kategorie zásob zahrnuje veškerý materiál od pořízení až po dobu, kdy je předán k dalšímu zpracování do výroby (Synek, 2011). Patří sem veškerý materiál zakoupený od dodavatelů včetně zakoupených polotovarů, pokračuje autor.
- **Zásoby nedokončené výroby** – Mezi zásoby nedokončené výroby řadíme veškeré polotovary vlastní výroby, které byly vyrobeny v předchozích fázích výrobního procesu (Synek, 2011).
- **Zásoby hotových výrobků** – Do těchto zásob spadají veškeré dokončené produkty, které prošly výstupní kontrolou a jsou určeny k dodání odběratelům (Tomek a Vávrová, 2014)

1.3.2 Funkce zásob

Podle funkce můžeme zásoby rozdělit z hlediska jejich operativního řízení, a to na běžnou (obratovou), pojistnou, technickou, sezónní a havarijní zásobu. (Tomek a Vávrová, 2007).

Mezi **běžné (obratové) zásoby** řadíme ty zásoby, které mají za úkol uspokojit spotřebu daného materiálu mezi dodávkovými cykly (Tomek a Vávrová, 2014). V ideálním případě by hladina obratové zásoby měla mezi dodávkovými cykly kolísat mezi minimálním a maximálním množstvím zásoby, uvádí autoři.

Pojistná zásoba je úmyslně vytvořená část zásoby za účelem pokrýt spotřebu materiálu ve výrobě v případě, kdy dojde k nějaké nepředpokládané odchylce od běžné spotřeby (Martinovičová, Konečný a Vavřina, 2019). Nejčastěji se výše této zásoby nemění, v některých případech může být rovna minimální zásobě (Tomek a Vávrová, 2007).

Technická zásoba se vztahuje k materiálu, u kterého musí před možností jeho dalšího zpracování proběhnout nezbytný přírodní proces (Martinovičová, Konečný a Vavřina, 2019). Příkladem této zásoby může být vysychání dřeva nebo zrání odlitků (Tomek a Vávrová, 2007).

Sezónní zásobou se rozumí zásoba, jež se spotřebovává pouze v nějakém období roku a je potřeba ji vytvářet průběžně po delší dobu nebo před začátkem sezóny (Tomek a Vávrová, 2014). Druhým případem je, že se sezónní zásoba spotřebovává průběžně celý rok, ale je možno ji doplňovat pouze v určitém období, dodávají autoři.

Havarijní zásoba je nezbytnou součástí zásob především tam, kde by nedostatek nějaké suroviny nebo materiálu mohl zapříčinit vážné poruchy v rámci celého výrobního procesu, příkladem jsou klíčové náhradní díly v elektrárnách (Tomek a Vávrová, 2014).

1.3.3 Řízení zásob

Pojmem řízení zásob rozumíme veškeré činnosti zaměřené na prognózu, analýzu, plánování a operativní řízení jak zásob jako celku, tak i jednotlivých skupin (Štůstek, 2007). Podle autora nese oblast zásob největší potenciál pro snižování nákladů v provozu a celém logistickém řetězci, proto je cílem zajistit co nejnižší objem zásob. Při řízení zásob je nutné dbát na to, aby jejich hladina byla nastavena v souladu s výrobou nebo jiným procesem kam zásoby vstupují a spotřebovávají se, jelikož při příliš nízkém nastavení hladiny zásob může hrozit omezení případně i zastavení výrobního procesu (Štůstek, 2007).

V převážné většině podniků nelze zajistit plynulý chod bez určité úrovně zásob a na místě je tedy otázka jakým způsobem výši zásob nastavit (Čižinská, 2018)? Malý i velký objem zásob má svá pozitiva, jak ukazuje tabulka 2.

Tabulka 2 Výhody velkého a malého objemu zásob

Výhody velkého objemu zásob	Výhody malého objemu zásob
Snížení pravděpodobnosti narušení plynulého chodu výroby a ztráty zakázek	Snížení nákladů na obsluhu zásoba (např. mzdy personálu, pronájem budov, energie)
Snížení nákladu spojených s častými objednávkami a dopravou zásob	Nižší náklady na kapitál použitý pro financování zásob
Možnost využití množstevních slev v důsledku nakupování větších objemů	Ochrana před znehodnocením zásob v důsledku poškození a zastarání
Ochrana před růstem cen	

Zdroj: Čižinská (2018)

Jelikož existují objektivní důvody pro držení velkého i malého objemu zásob, při jejich efektivním řízení narážíme na klasický optimalizační problém s kritériem minimalizace celkových nákladů na zásoby (Čižinská, 2018). Autorka ve své publikaci zmiňuje, že k zásobám se pojí tyto nákladové položky:

- Náklady na pořízení zásob (cena zásob),
- náklady související s pořízením zásob (doprava a manipulace),
- náklady na skladování,
- náklady nedostatku zásob (odmítnutí zakázek z důvodu nedostatku zásob atd).

V optimalizačním modelu vycházíme z existence celkových nákladů zásob, které jsou vyjádřeny jako součet nákladu na držení zásob neboli skladovací náklady a nákladů na doplnění zásob (Čižinská, 2018). Skladovací náklady s růstem množství zásob rostou, ale náklady na doplnění zásob klesají a naopak, výstupem optimalizačního modelu tedy je nalezení rovnováhy, kdy jsou celkové náklady minimalizovány, dodává autorka.

1.4 Simulace

Simulaci lze definovat jako snahu o napodobení reality. Příkladem mohou být fyzické modely jako jsou větrné tunely, simulátory využívající rozšířenou nebo virtuální realitu pro piloty a astronauty a další (Laguna a Marklund, 2013). Obrovský pokrok ve vývoji

počítačového hardwaru a softwaru přinesl možnost počítačových simulací, atraktivní metodu pro predikci výkonnosti procesů a jejich optimalizaci (Laguna a Marklund, 2013).

1.4.1 Fáze simulačních projektů

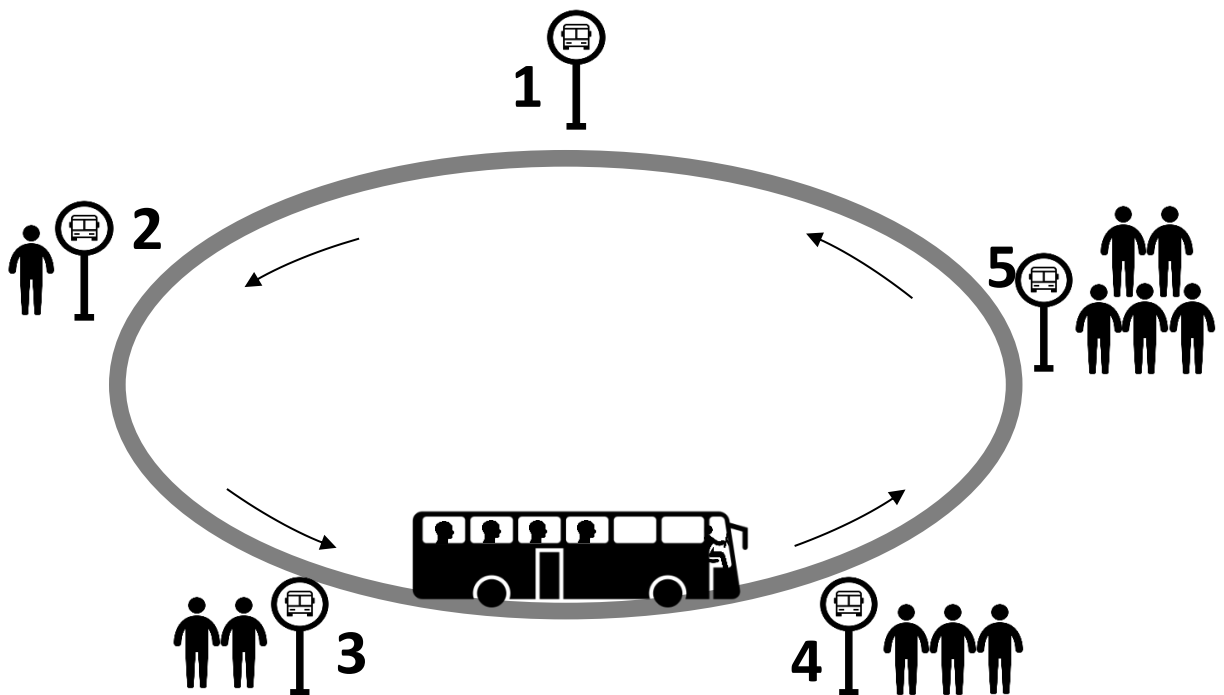
Přes to, že každý simulační projekt má svá specifika a je svým způsobem unikátní, nelze stanovit jednotný postup, můžeme obecně definovat 8 fází simulačních projektů (Dlouhý et al., 2007):

- **1. fáze: Rozpoznání problému a stanovení cílů** – Obsahem první fáze je formulace řešeného problému a vytyčení cílů projektu. Dochází ke schůzce realizačního týmu s klientem a rozhoduje se o tom, zda je vůbec simulace vhodná volba, rozdělují se odpovědnost za projekt a v neposlední řadě komunikace klienta s realizačním týmem.
- **2. fáze: Vytvoření konceptuálního modelu** – Konceptuálním modelem se rozumí prvotní představa o systému, který je předmětem simulačního projektu. Řešitelský tým si v této fázi definuje základní informace o projektu, např. co je předmětem simulace, jaká jsou kritéria hodnocení efektivnosti systému, jak podrobná má být úroveň simulace a další.
- **3. fáze: Sběr dat** – Vytváření simulačního modelu je metoda vyžadující velké množství dat. Pokud máme potřebná data k dispozici, je jejich ověření a validita důležitým předpokladem pro sestavení kvalitního modelu. Model je možné sestavit i v případě, že nemáme k dispozici žádná data s využitím expertních odhadů od zkušených pracovníků v dané problematice.
- **4. fáze: Tvorba simulačního modelu** – V této fázi dochází k převedení konceptuálního modelu z druhé fáze do simulačního modelu s využitím simulačního programu. Při tvorbě modelu může realizační tým dojít ve výjimečných případech k závěru, že simulační program není pro řešený projekt vhodný.
- **5. fáze: Verifikace a validizace modelu** – Ověření modelu lze zjednodušeně definovat jako kontrola toho, zda se simulační model shoduje s realitou. Ve většině případech nemůžeme předpokládat přesnou shodu a pracujeme s určitou odchylkou z důvodu, že model je zjednodušením reálného procesu. Nejsnazším ověřením modelu je porovnání s reálnými daty v případě, že vytváříme model již existujícího procesu.
- **6. fáze: Provedení experimentů a analýza výsledků** – Náplní této fáze je analýza výsledků provedené simulace. Přínosem může být i schůzka realizačního týmu s klientem, kde se debatuje o fungování modelu, výsledcích, případně se prezentují i další možné varianty modelu.

- **7. fáze: Dokumentace modelu** – Cílem této části je zdokumentovat strukturu modelu, postup vývoje a výsledky simulace. Pokud se klient vrátí s jiným zadáním, lze využít původní model nebo jeho části.
- **8. fáze: Implementace** – Spolupráce realizačního týmu a klienta by měla pokračovat i ve fázi implementace. Znalosti nabyté prací na simulačním projektu mohou zvýšit úspěšnost implementace a spokojenost klienta.

1.4.2 Diskrétní simulace

Obecně rozeznáváme několik způsobů simulací, mezi ty první můžeme zařadit tzv. statické simulace využívané v případě, kdy pro nás čas nehraje roli, příkladem je model mostu nebo jiné stavby (Laguna a Marklund, 2013). Setkat se můžeme i s deterministickým modelem, který si lze představit jako počítačový model pro výpočet tlaku ve vodovodní síti, uvádí autoři. Pro podnikové procesy se obvykle využívá diskrétní simulace. Znázornění fungování diskrétní simulace využijeme autobusovou dopravu, kde máme jeden autobus obsluhující pět zastávek, jak znázorňuje obrázek 1.



Obrázek 1 Model autobusové dopravy (Fishman, 2001)

Na obrázku 1 je zobrazeno pět autobusových zastávek společně s počtem cestujících čekajících na každé z nich a autobus obsluhující jednotlivé zastávky, ve kterém se nachází čtyři cestující. V tomto modelu uvažujeme počet zastávek a počet cestujících za diskrétní veličinu

a pozice autobusu za veličinu spojitou (Fishman, 2001). Počet cestujících v autobuse se mění pouze při příjezdu autobusu na jednu z pěti zastávek, počet čekajících cestujících na zastávkách se mění při příjezdu autobusu na zastávku nebo příchodu nového cestujícího, popisuje autor.

Na základě zmíněných vstupů by simulace udávala informace o času příjezdu autobusu a individuálních cestujících na zastávku, údaje o vytížení autobusu, počtu cestujících na jednotlivých zastávkách nebo dobu čekání na autobus (Fishman, 2001). Na podobném principu fungují i diskrétní simulace např. výrobních procesů, kde si jednotlivá výrobní pracoviště můžeme představit jako autobusové zastávky, počet cestujících čekajících na zastávce reprezentuje materiál čekající na zpracování a autobus je samotný pohyb polotovarů nebo hotových výrobků, uvádí autor.

1.4.3 Využití simulací

Jeffrey Strickland (2013, s. 5) ve své publikaci říká – „*To fly a simulator is safer and cheaper than the real plane*“. Toto je důvod, proč se simulace využívá nejen v průmyslu, ale také ve vojenství a dalších odvětví, jelikož provedené experimenty s dobře sestaveným simulačním modelem přináší odpovědi na naše otázky a zároveň šetří peníze a mnohdy i čas (Strickland, 2013). Mezi další výhody lze zařadit možnost simulace různých teorií a variant za jinak nezměněných okolností, zkoumání krátkodobých i dlouhodobých dopadů, vyhodnocení a připravenost na nahodilé situace jako nedostatek pracovní síly nebo porucha výrobního zařízení (TWI Global, 2022).

I když simulace procesů s sebou přináší mnoho pozitiv, je potřeba však zmínit i některá negativa, kterými jsou z velké části náklady. Jedná se především o náklady na zajištění společnosti zastřešující projekt nebo analytika s dostatečnou kvalifikací vytvářet simulační modely, dále musíme počítat s náklady za vynaložený čas zaměstnanců zajišťujících komunikaci s analytikem v průběhu projektu, v neposlední řadě sem spadají i náklady na hardwarové a softwarové vybavení a nesmíme zapomenout ani na náklady spojené se sběrem dat nezbytných pro vývoj modelu (Dlouhý et al., 2007).

Simulace odpovídají na otázky typu „co když“, tedy v případě, že provedeme nějakou změnu oproti reálnému stavu, simulace by měla přinést predikci toho, jak bude s touto změnou systém nově fungovat (Strickland, 2013). Autor uvádí jako typické otázky, na které simulace odpovídá, tyto:

- Pokud zavedeme tuto změnu, dojde k nárůstu výnosů a kvality?
- Je možné sestavit daný systém s využitím méně prvků při zachování jeho výkonnosti a dostupnosti?
- Kolik pracovníků bude potřeba k zabezpečení plynulému chodu výrobní linky?
- Kterou ze zvažovaných variant aplikovat do praxe?

Wainer (2009) ve své knize uvádí příklady využití simulací pro jednotlivá odvětví: V oblasti biologie se jedná o modely lidských orgánů, simulace šíření virů v populaci nebo modely lidské tkáně. V krizovém plánování a obraně státu nachází simulace své uplatnění při plánování evakuace obyvatelstva, přípravě strategií vojenských operací nebo testování automatických navigačních systémů. Ve stavitelství a architektuře se simulace využívají pro zjištění statiky mostů a budov. Simulace nachází uplatnění také v oblasti přírodních věd, kde se využívá pro simulaci šíření lesních požárů nebo predikci znečištění ovzduší v určité oblasti. Tato metoda najde své opodstatnění i v oblasti dopravy, například ke zkoumání plynulosti provozu ve městě, predikování vytížení mýtných bran nebo mostních staveb a tunelů.

V automobilovém průmyslu je využití spojeno se štíhlou výrobou, tedy snahou o neustále zlepšování kvality a výkonnosti, snižování nákladů, kladení důrazu na včasnost dodávek nebo redukci plýtvání materiálem i časem (Elizandro a Hamdy, 2022). Rozsáhlé změny výrobní linky nebo výrobního programu jsou často komplexní rozhodovací problémy a simulace těchto změn slouží managementu jako kvalitní podklad pro volbu správné varianty (Laguna a Marklund, 2013). V některých případech se může jednat o natolik složitý problém, že provedení různých matematických analýz je velmi náročné nebo téměř nemožné, dodávají autoři. Simulace zaměřená na výrobní procesy typicky poskytuje informace o využití výrobních kapacit v absolutních hodnotách i procentech, převážně o době provozu, nečinnosti nebo poruchovém stavu, dále statistiky spojené s dobou trvání jednotlivých činností nebo procesu jako celku, celkový počet vyřízených požadavků za celou dobu simulace nebo průměrný počet vyřízených požadavků za čas (Dlouhý et al., 2007). Simulací můžeme odhalit i úzká místa jako minimální, maximální a průměrné délky front čekajících před jednotlivými pracovišti na zpracování, počet nesplněných požadavků, množství reklamací a závad, uvádí autoři.

1.4.4 Siemens Plant Simulation

Společnost Siemens Digital Industries Software, spadající pod mateřskou společnost Siemens AG, se zabývá vývojem softwarových řešení pro digitalizaci celého hodnotového řetězce v podniku (Siemens, 2022c). Jejich produktové portfolio zahrnuje aplikace vhodné pro

mnoho průmyslových oblastí, jednou z těchto oblastí je i software pro výrobní podniky, do které spadá i Tecnomatix Plant Simulation (Siemens, 2022a).

Plant Simulation je software určený pro vytváření diskretních simulací podnikových procesů (Siemens, 2022b). Aplikace umožňuje uživateli modelovat, simulovat, zkoumat a optimalizovat systémy v podniku jako celku nebo i jednotlivé procesy ve dvojrozměrném i trojrozměrném prostředí, jako např. analýza toku materiálu, využití výrobních zařízení nebo požadavky na pracovní sílu ještě před realizací výroby, uvádí Siemens (2022b) na svých webových stránkách.

Tento software nabízí mnoho nástrojů, grafů a reportů, které umožňují vyhodnocovat chování systému v různých simulovaných variantách a napomáhají tak přijímat rychlá a spolehlivá rozhodnutí, mezi tyto nástroje patří (Siemens, 2022b):

- Grafické výstupy s automatickou detekcí úzkých míst,
- analýza propustnosti,
- analýza využití zdrojů a výrobních kapacit,
- Sankeyho diagramy,
- Ganttovy diagramy.

Simulační modely jsou vhodné také při optimalizaci spotřeby energie, software totiž obsahuje modul nazývaný „integrovaný energetický plotter“, sloužící k dynamické vizualizaci spotřebované energie. Konečným výstupem je grafická vizualizace spotřebované energie v pracovní době nebo při plánovaných přestávkách a odstávkách, případně je také možnost tuto spotřebu sledovat v průběhu simulace, kdy jsou zobrazeny údaje o aktuální spotřebě a maximální spotřebě. Na základě těchto údajů lze odhalit potencionální místa pro úsporu spotřeby energie (Siemens, 2022b).

2 ANALÝZA LOGISTICKÝCH PROCESŮ V EXPEDIČNÍM CENTRU DÍLŮ VE ŠKODA AUTO A.S.

V této kapitole je nejprve představena společnost Škoda Auto, její cíle a strategie. Následně se kapitola zaměřuje na expediční centrum dílů a logistické činnosti a procesy v něm probíhající. Vybrané procesy jsou analyzovány pomocí modelu dynamické simulace sestaveného s využitím softwaru Siemens Plant Simulation.

2.1 Představení společnosti Škoda Auto a.s.

Škoda Auto a.s. (dále jen společnost nebo Škoda Auto) byla založena roku 1895 Václavem Laurinem a Václavem Klementem. Od svého založení až do roku 1905 se společnost specializovala na výrobu jízdních kol a motocyklů, ovšem v dnešní době je nejčastěji spojována s výrobou osobních vozidel značky Škoda. Mezi její další podnikatelské činnosti patří vývoj, výroba a prodej komponentů, náhradních originálních dílů a příslušenství značky Škoda nebo také poskytování servisních služeb. Hlavní sídlo a největší výrobní závod společnosti se nachází v Mladé Boleslavi, další závody nalezneme v Kvasinách a ve Vrchlabí. Vozy Škoda se nevyrobí pouze v České republice ale také v Číně, na Slovensku, v Indii nebo na Ukrajině. V produktovém portfoliu společnosti nalezneme modely Fabia, Rapid, Scala, Octavia, Superb, Kamiq, Karoq, Kodiaq. V roce 2020 přibyl i plně elektrické SUV Enyaq iV vyráběné v závodě v Mladé Boleslavi. Pro čínský trh nabízí společnost modely Kodiaq a Kamiq v upravené verzi GT a v indickém závodě v Púne jsou montovány modely Kushaq a Slavia. (Škoda Auto, 2021a)

V roce 2021 představila společnost nový plán rozvoje pro třetí dekádu s názvem NEXT LEVEL – ŠKODA STRATEGY 2030, který navazuje na Strategii 2025+. Hlavní priority strategie NEXT LEVEL jsou (Škoda Auto, 2021b):

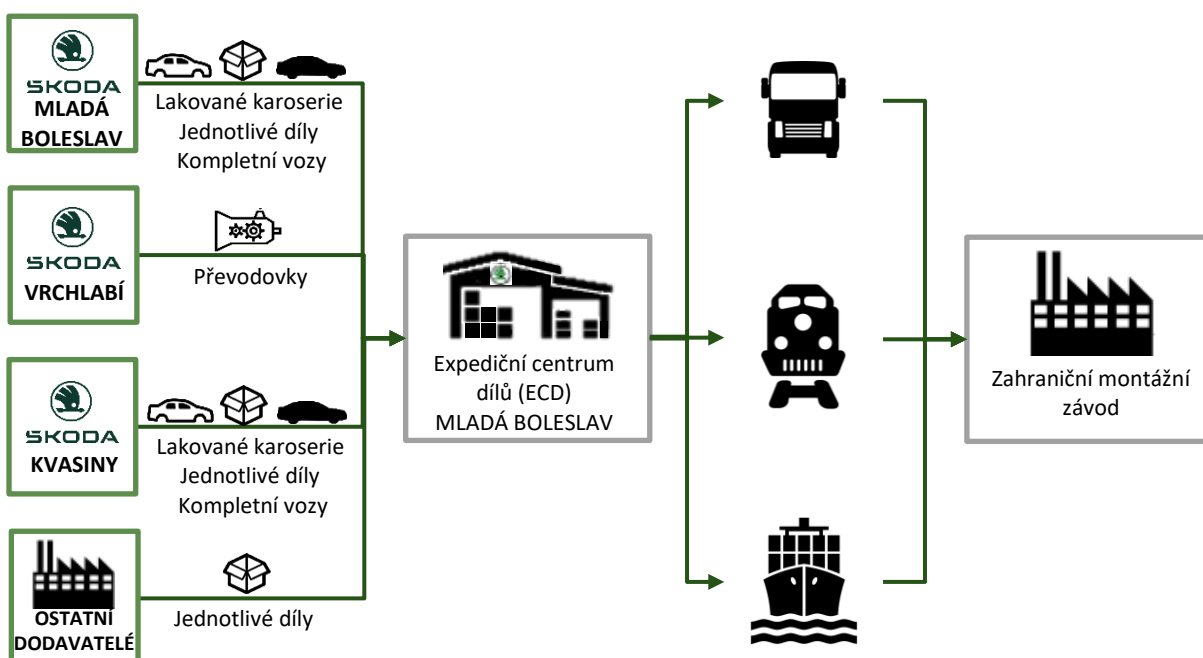
- **EXPAND** – zařadit se mezi pět nejprodávanějších značek automobilů v EU s nabídkou dostupných vozů a elektrifikovaným modelovým portfoliem,
- **EXPLORE** – být vedoucí evropskou značkou v severní Africe, Indii a Rusku,
- **ENGAGE** – zavést uhlíkově neutrální výrobu v českých i indických závodech do roku 2030 a zaměřit se na posílení diverzity.

Ambiciózní cíle zahrnuté v NEXT LEVEL se dále zaměřují na uvedení alespoň tří nových čistě elektrických modelů na trh do roku 2030 s tím, že v tomto roce by měl podíl elektrických vozů v produktovém portfoliu společnosti činit 50 až 70 %. S tím je spojen i cíl

snížit emise CO₂ nabízených vozů o více než 50 % oproti roku 2020. Finančním cílem této strategie je rentabilita tržeb ve výši minimálně 8 %.

2.2 Expediční centrum dílů

Expediční centrum dílů (zkráceně ECD) se zaměřuje na zahraniční projekty tzv. knock down projekty, jejichž smyslem je distribuce vozů Škoda, případně i jiných koncernových značek jako například Porsche, na zahraniční trhy. V rámci těchto projektů se vozy neexpedují v kompletním stavu, ale přepravují se v různém stupni rozložení do montážních závodů v zahraničí, proto také název knock down projekt. V zahraničním montážním závodě jsou vozy následně zkompletovány a poté se dostávají na místní trh a ke konečným zákazníkům. Na obrázku 2 je tento materiálový tok graficky znázorněn.



Obrázek 2 Materiálový tok od dodavatelů do ECD a zahraničních montážních závodů (autor)

Zásobení expedičního centra dílů zajišťují nejen externí dodavatelé, ale z velké části i výrobní závody společnosti v České republice. Jednotlivé díly pro zahraniční projekty dodávají externí dodavatelé a výrobní závody v Kvasinách i Mladé Boleslavi. Tyto dva závody zajišťují také dodávky lakovaných karoserií i kompletních vozů určených k demontáži. Převodovky jsou dodávány závodem ve Vrchlabí.

V expedičním centru dílů následují činnosti nezbytné pro přípravu vozů k expedici do zahraničních montážních závodů. Vozy se z expedičního centra dílů expedují zpravidla ve třech možných stupních rozložení – Semi Knock Down (SKD), Medium Knock Down (MKD)

nebo Complete Knock Down (CKD). V rámci Semi Knock Down projektů je přistaveno kompletní vozidlo na demontážní pracoviště, kde se nejprve vypustí provozní kapaliny, následně se demontuje hnací agregát, výfukové potrubí a některé části podvozku, případně i další díly dle zadání projektu. Následně se karoserie společně s demontovanými díly a dalšími potřebnými montážními díly umístí do expediční manipulační jednotky, kterou nejčastěji bývá kontejner. V tomto stavu je pak kontejner expedován.

Medium Knock Down projekty jsou realizovány na MKD balicí lince na hale U33. Proces začíná přistavením lakované karoserie vozu na balicí linku. Karoserie je upevněná na speciální kovové paletě s názvem SUZ-X, která umožňuje lepší manipulaci a snadnější přepravu karoserií vysokozdvihným vozíkem, ale také karoserie stohovat. Po přistavení a přemístění karoserie ze SUZ-X palety na MKD balicí linku následuje pět taktů. V prvním taktu jsou z karoserie sejmuty ochranné folie a další ochranné prvky, které chrání karoserii proti poškození a je provedena kontrola závad. Ve druhém, třetím a čtvrtém taktu se postupně balí díly a zabalené nakládají do karoserie. Každý projekt je individuální a díly umístěné v karoserii se mohou lišit. Obecně je cílem co nejvyšší vytížení karoserie, proto jsou díly nakládány do karoserie v konkrétním pořadí a na konkrétní místo. V pátém taktu je karoserie převěšena z MKD linky na dřevěný rack. Rack je speciální dřevěná konstrukce na niž je upevněna karoserie spolu s dalšími montážními díly při přepravě v kontejneru. Smyslem dřevěných racků je dosažení co nejvyšší vytíženosti kontejneru, jelikož umožňují umístit až čtyři karoserie společně s nezbytnými díly pro komplekci vozu do jednoho 40“ kontejneru, jak je znázorněno na obrázku 3.



Obrázek 3 Montážní set Medium Knock Down (Škoda Auto, 2023)

Complete Knock Down projekty jsou charakteristické nejvyšším stupněm rozloženosti expedovaného vozu. Karoserie vozidla není lakovaná ani svařená, expedují se samotné výlisky případně svařence některých podskupin karoserie a veškeré montážní díly společně s motorem, převodovkou, nápravami, provozními kapalinami a podobně.

Ať už se jedná o jakýkoliv projekt, po naložení vozu do kontejneru následuje nakládka. Kontejnery jsou z expedičního centra přepravovány vlakem nebo nákladním vozidlem. Zpravidla jde o kombinovanou dopravu a většina cesty je realizována po železnici nebo po vodě. Zákazníkem je v tomto případě zahraniční montážní závod, kde se vozy kompletují a až poté se dostávají na místní trh a ke koncovým zákazníkům. Ve výjimečných případech se využívá i letecká doprava, především pro kritické díly.

Expediční centrum dílů zajišťuje také expedici samotných motorů a převodovek do zahraničních montážních závodů. Jedná se o projekty s názvem Volatile Corrosion Inhibitors (VCI). Název je odvozen od antikorozi folie, do které jsou baleny motory a převodovky. Ty jsou poté umístěny na speciální dřevěné expediční paletě a nejčastěji expedovány v kontejneru.

2.3 Zahraniční projekty

Každý zahraniční projekt před svým zahájením podléhá vyhodnocení. Ten se posuzuje z ekonomického a technologického hlediska a rozhoduje se, zdali bude realizován nebo ne. Pro vyhodnocení jsou důležité následující parametry, tzv. premisy projektu:

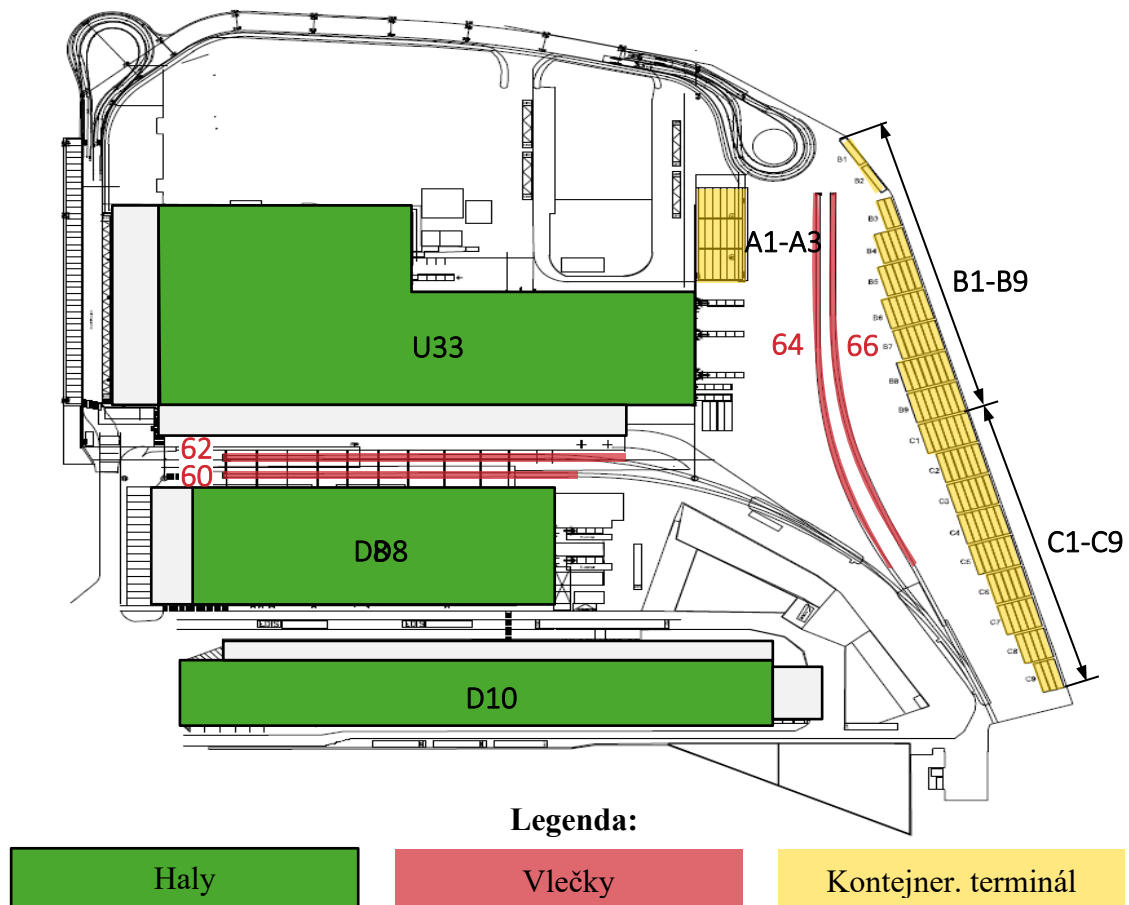
- **Model** – údaj o tom, jaký model se v rámci projektu bude expedovat do zahraničních montážních závodů a v jaké variantě (např. Monte Carlo, SportLine a podobně). V případě VCI projektů je tímto parametrem definována konkrétní převodovka nebo motor.
- **Rozloženost** – udává stupeň rozloženosti expedovaného vozu, tedy SKD, MKD nebo CKD, viz část 2.3.
- **Zákazník** – zákazníkem je externí montážní závod, do kterého jsou vozy přepravovány, příkladem mohou být montážní závody v Indii ve městech Púne a Aurangábád.
- **Náběh a ukončení projektu** – premisa upřesňující datum náběhu projektu a datum jeho ukončení.
- **Objemy výroby** – počet vozů, jež se má do zahraničních výrobních závodů expedovat. Obvykle udávaný jako roční objem nebo pro celou dobu trvání projektu.
- **Pracovní dny** – počet pracovních dnů v externích montážních závodech a expedičním centru dílů za jeden kalendářní rok.

- **Lokalizace dílů** – některé díly potřebné pro montáž vozů nejsou do zahraničí dodávány expedičním centrem dílů, ale dodávky zajišťuje lokální dodavatel v dané zemi.
- **Motorizace a Einbaurate (EBR)** – kromě typu motoru pro jednotlivé vozy je důležité určit i EBR pro jednotlivé díly. EBR udává zastoupení dílů ve vozech, jako příklad lze uvést klimatizaci. Pokud bude hodnota EBR u klimatizace 0,3, znamená to, že 30 % vozů bude vybaveno klimatizací.
- **Business model** – premisa udávající, zda se jedná o model pull nebo push, dále upravuje dodací podmínky a způsob přepravy vozů k zákazníkovi.
- **Crossdock / přebalení** – pro veškeré expedované díly je definováno, jestli budou přebalovány do expedičního balení přímo v ECD nebo budou ve vhodném expedičním obalu dodávány přímo dodavatelem a ECD bude v tomto případě sloužit pro CrossDock těchto dílů.
- **Transport** – časová osa přepravy vozů z expedičního centra dílů do montážního závodu zákazníka.
- **Oběhové dny palet** – podle tohoto parametru je počítáno množství potřebných palet pro zajištění plynulosti projektu.
- **Ostatní restrikce k vyhodnocení, případně různé varianty zadání projektu**

Požadavek na vyhodnocení projektu přichází od vedení logistiky a začíná zahajovacím meetingem zainteresovaných odborných útvarů. Evaluace musí vycházet ze zadaných premis, z hlediska logistiky se posuzují především transportní náklady, náklady na manipulaci s materiálem, cena balení a přímé personální náklady. O výpočet cla se stará controlling pro výrobu a logistiku. Výsledné vyhodnocení je prezentováno vedení logistiky a rozhoduje se o jeho realizaci nebo zamítnutí případně úpravě zadání.

2.4 Haly a venkovní plochy expedičního centra dílů

Pro zajištění veškerých činností spojených se skladováním, přípravou vozů k expedici a nakládce má expediční centrum dílů k dispozici tři haly – U33, D8 a D10, dále kontejnerový terminál, vlečku a venkovní kryté i nekryté prostory pro skladování, jak je znázorněno na obrázku 4.



Obrázek 4 Layout expedičního centra dílů (Škoda Auto 2023; autor)

Největší hala U33 se rozkládá na ploše 10 350 m² a kolem ní se nachází přístřešky pro skladování a příjem materiálu o rozloze 2 300 m². Hala se v současnosti využívá pro projekty MKD a CKD. K dispozici je 19 balicích pracovišť, kde se přebalují díly do expedičních obalů, linka určená pro MKD projekty spolu s rackovým pracovištěm, plochy pro blokové skladování a regálové skladování se systémem pick by light, konsolidační plochy pro jednotlivé projekty a osm vertikálních automatizovaných skladových systémů Kardex Shuttle XP 500. Hala U33 je klíčová pro tuto diplomovou práci a je detailněji rozebrána v části 2.5

Hala D8 o rozloze 5 040 m² a přístřešky o ploše 2 360 m² je využita pro VCI a SKD projekty. V ní jsou k dispozici skladové plochy pro motory a převodovky, blokové sklady a regálové sklady, dále myčka pro mytí vozu před demontáží, SKD pracoviště pro demontáž vozů, VCI pracoviště pro převěšování motorů a převodovek z dodavatelského do expedičního balení a konsolidační plocha.

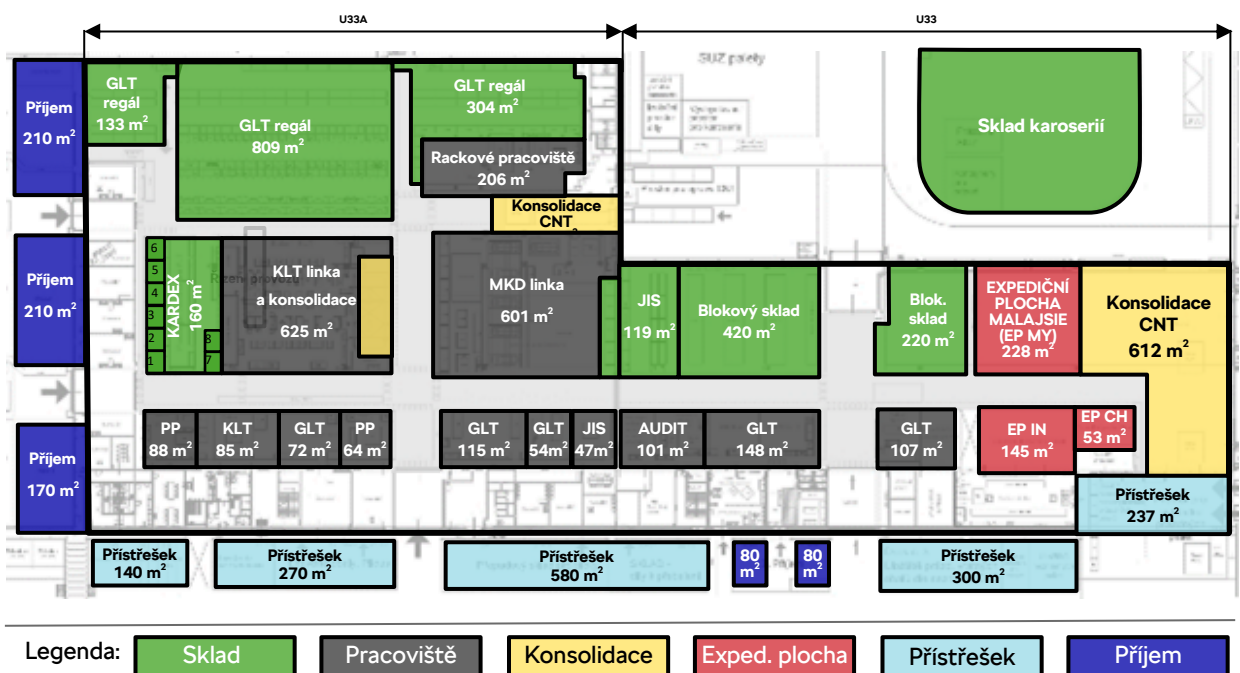
Třetí hala D10 má rozlohu 2 100 m² a přístřešky zakrývají plochu 1070 m². Ta je rozdělena na dvě poloviny, kde první polovina slouží jako zázemí společnosti Pilous Packaging. Pilous Packaging zajišťuje výrobu a dodávky dřevěných obalů jako jsou palety, racky pro

převahu karoserií a dílů a podobně. Dále se stará o zásobování ECD potřebnými kartonovými obaly. Druhá polovina je k dispozici expedičnímu centru dílů. Nachází se zde chráněná profilová pracoviště. V rámci expedičního centra dílů se tato část haly D10 soustředí především na expedici motorů, dveřních výplní a dalších dílů vhodných pro vyšší využitelnost nákladních vozidel. Mimo expediční centrum dílů se zde zabezpečují činnosti související s kompletací podstev pro sériovou výrobu nebo balení předsériových dílů.

Nedílnou součástí expedičního centra dílů jsou také venkovní skladové plochy. Po areálu je celkem rozmístěno dvanáct úseků skladových ploch využívaných pro skladování prázdných obalů a palet. Úseky bývají typicky rozděleny podle projektu a typu skladovaných obalů. Jelikož se většina vozů přepravuje v kontejnerech, má expediční centrum dílu k dispozici také vlečku a kontejnerový terminál. Kontejnerový terminál je rozdělen na tři hlavní úseky s maximální kapacitou 315 kontejnerů. Z procesního hlediska se ale uvažuje kapacita 205 kontejnerů, protože je nutné zabezpečit dostatečné uličky mezi kontejnery pro snadnou manipulaci a nakládku čelním překladačem. Vlečka je složena ze čtyř částí, kolej 60 s kapacitou pro pět vagonů, kolej 62 pro šest vagonů, kolej 64 pro deset vagonů a poslední kolej 66 pro dvanáct vagonů, rozložení kolejí v ECD je rovněž vyznačeno na obrázku 4.

2.5 Hala U33

Tato část práce bude zaměřena na halu U33, která je pro tuto diplomovou práci klíčová.



Obrázek 5 Layout haly U33 v expedičním centru dílů (Škoda Auto, 2023; autor)

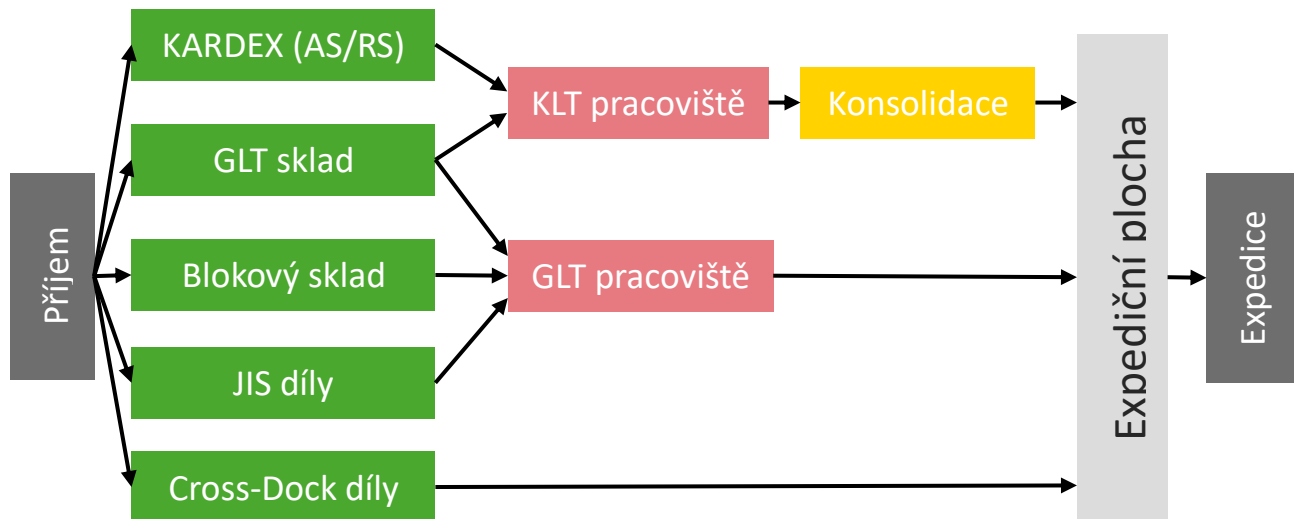
Na layoutu (obrázek 5) jsou vyznačeny vnitřní i vnější plochy haly U33. Zelená barva zastupuje vnitřní skladové plochy pro uskladnění materiálu a dílů k přebalení a dále venkovní plochu pro skladování lakovaných karoserií. Šedou barvou jsou vyznačeny plochy, na nichž se nachází balicí pracoviště, balicí linky a auditová plocha. Zkratka PP označuje profilová pracoviště, JIS jsou plochy pro pracoviště zaměřené na balení JIS dílů. Žlutou barvou jsou vyznačeny konsolidační plochy a červenou plochy expediční, které jsou dále rozděleny dle projektů na expediční plochu pro Čínu, Malajsií a Indii. Venkovní přístřešky jsou zvýrazněny světle modrou barvou a využívají se především pro uskladnění dílů vhodných pro venkovní skladování. Tmavě modrá barva označuje příjmové plochy pro dodané zásoby.

Kromě vyznačených ploch se na hale nacházejí také kanceláře pro odborné útvary zajišťující chod expedičního centra dílů. Srdcem haly je řízení provozu umístěné u KLT balicí linky. Řízení provozu zajišťuje v rámci haly U33 činnosti jako rozdělování práce mezi jednotlivá pracoviště, kontrola plnění zakázek z předchozích týdnů, příprava dokumentace k leteckým zásilkám a kontrola správnosti balení, úprava a schvalování balicích předpisů, rozhodnutí o alternativním balení nebo vyřizování reklamací spojených s nevhodným způsobem balení. Umístění v těsné blízkosti KLT linky má svůj důvod, neboť řízení provozu zároveň slouží jako podpora pracovníků při řešení operativních problémů s dostupností materiálu, systémovou změnou skladových pozic zásob nebo přeskladnění zboží ve špatně dodaných dodavatelských obalech.

Na hale U33 je umístěna také kancelář příjmu materiálu. Veškerý dodaný materiál musí projít touto kanceláří, protože před jeho dalším zpracováním je nutné dodávky zkontrolovat a následně systémově přijmout. Poté je možné zásoby zaskladnit a v případě odvolávky odeslat do zahraničí.

2.5.1 Logistické činnosti na hale U33

Hala U33 je v současnosti využita pro Complete Knock Down a Medium Knock Down projekty. Do zahraničních montážních závodů jsou odtud expedovány vozy Škoda Kodiaq a Porsche Cayenne. Pro indický trh jsou to díly pro modely Škoda Kushaq, Škoda Slavia, Volkswagen Taigun a Virtus. Než se vozy a díly dostanou na místo nakládky a jsou přepraveny zákazníkovi, musí nejdříve projít celým materiálovým tokem zobrazeným na obrázku 6.



Obrázek 6 Tok materiálu na hale U33 (autor)

Na začátku logistického procesu probíhajícího v expedičním centru dílů je příjem materiálu. O dodávky materiálu se starají nejen externí dodavatelé, kteří zásobují sklady především jednotlivými díly, ale také přímo mladoboleslavský závod společně se závody ve Vrchlabí a v Kvasinách. Po dodání zásob je materiál systémově přijat na sklad a zároveň mu je přiděleno skladové místo a identifikační štítek.

Podle rozměru dodavatelského balení se materiál zaskladní do AS/RS systému Kardex, GLT skladu, blokového skladu nebo JIS skladu. Menší díly a spojovací materiál jsou nejčastěji dodávány v plastových bednách nazývaných KLT a jejich skladovým místem je AS/RS systém. Palety o rozměrech do 1200 x 1000 mm a výšky do 1000 mm jsou skladovány v regálovém skladu. Tyto palety jsou označovány jako GLT, proto se regálovému skladu říká též GLT sklad. V blokovém skladu jsou umístěny nadrozměrné díly jako např. nápravy nebo výfukový systém skladované ve speciálních paletách a manipulačních jednotkách. Sklad pro JIS díly je vyhrazen pro díly dodávané Just in Sequence jako nárazníky nebo sedačky.

Jak již bylo zmíněno v části 2.2, vozy jsou expedovány do zahraničních montážních závodů v rozloženém stavu a před samotným transportem je nezbytné díly přebalit do vhodného expedičního obalu. O přebalení dílů se starají KLT a GLT balicí pracoviště. Na KLT pracovištích se přebalují menší díly, nejčastěji do kartonových krabic. Takto zabalené krabice jsou následně zkonsolidovány do palet přichystaných na konsolidační ploše. GLT pracoviště zajišťují přebalení objemných dílů a výsledkem je již kompletní paleta, tudíž odpadá krok konsolidace. Pro každý díl je vytvořen balicí předpis udávající přesný postup balení dílu. Balicí předpis zahrnuje rozpis potřebného obalového materiálu, počet kusů dílů v balení a následně

samotný postup balení krok po kroku. Smyslem těchto balících předpisů je zajištění odpovídající kvality balení tak, aby nedošlo k poškození nebo znehodnocení dílů během přepravy a zároveň standardizace balících postupů pro všechny pracovníky.

Palety připravené k expedici jsou následně z balících pracovišť a konsolidační plochy přemístěny na expediční plochu, kde se nakládají do kontejnerů. Pro každého zákazníka je v hale vyhrazena expediční plocha. Kontejner je poté naložen na nákladní vozidlo nebo vlak a připraven k expedici k zákazníkovi.

2.5.2 Automatizované skladové systémy Kardex

Pro uskladnění materiálu a drobných dílů se na hale U33 využívají automatizované skladové systémy společnosti Kardex. Na hale se v současné době nachází osm skladových jednotek, jak je vidět na obrázku 7.



Obrázek 7 Automatizované skladové systémy Kardex na hale U33 (autor)

V těchto skladových jednotkách se skladuje materiál v dodavatelských KLT. Ty jsou rozděleny na vysoké KLT řady x280 a nízké KLT řady x147. Přehled dodavatelských KLT a jejich rozměrů je uveden v příloze E. Rozměr těchto dodavatelských přepravek hraje roli především z hlediska kapacity. Každá skladová jednotka obsahuje několik polic, které jsou rozděleny na deset pozic a každá pozice představuje jedno místo pro uskladnění. Tím, že jsou KLT rozdílných rozměrů, může být na jedné pozici umístěno větší množství přepravek. Aby bylo jednoznačně rozlišeno, jaký materiál má být vyskladněn, je každá manipulační jednotka označena štítkem s čárovým kódem. Při vyskladnění musí vždy skladník načíst čárový kód,

čímž potvrdí, že vyskladňovaný materiál je ten správný. Po vyskladnění jej přesune vozíkem na místo spotřeby a znovu potvrdí načtením čárového kódu.

Velmi obdobně funguje i princip zaskladňování. Pro zaskladnění materiálu do skladové jednotky je rovněž nutné načíst čárový kód. Systém pak automaticky vysune příslušnou polici a skladník může materiál zaskladnit. Jak již bylo v této části řečeno, každá police má celkem deset pozic. Aby se nestalo, že skladník umístí materiál na nesprávnou pozici, musí vždy po umístění manipulační jednotky načíst čárový kód nalepený přímo na polici, čímž potvrdí správnost zvoleného místa pro zaskladnění.

Zaskladnění i vyskladnění včetně zavážení pracovišť zajišťuje jediný pracovník. V některých obdobích, kdy se odesílají vyšší objemy jako např. před celozávodní dovolenou v létě se objevuje problém se zavážením zásob na balicí pracoviště. Pracovník je natolik vytížen, že je na směnu operativně potřeba plánovat pracovníky dva, aby byla zajištěna plynulost procesu.

2.5.3 KLT balicí linka

Na KLT balicí lince probíhá přebalování materiálu z dodavatelských obalů do expedičních. Obrázek KLT linky je obsažen v příloze G. Pro tuto činnost je zde vyhrazeno deset balicích pracovišť vždy s jedním pracovníkem. Každý díl má svůj balicí předpis obsahující přesně stanovený postup a použitý obalový materiál pro zabalení. Kromě toho je zde také uvedena informace o tom, jaký časový fond je pro zabalení dílu normovaný. Celý proces začíná načtením čárového kódu z dodavatelského obalu, čímž pracovník systémově potvrdí, jaký díl právě balí. Následně podle balicího předpisu zabalí díl dle pokynů a na expediční obal nalepí rovněž štítek s čárovým kódem. Po načtení tohoto kódu zvolí na počítači projekt, pro který je díl určen a zabalený díl umístí na válečkový dopravník. Pomocí válečkového dopravníku je materiál přesunut na místo konsolidace, kde vznikají ucelené palety připravené pro nakládku do kontejneru a přesun k zákazníkovi. Konsolidační plocha je znázorněna v příloze H.

2.6 Dynamická simulace haly U33

Tato kapitola zachycuje projekt dynamické simulace haly U33 od jeho prvotní myšlenky až po samotnou realizaci projektu. Vytvořený model je v této práci použit pro analýzu procesu balení na KLT lince a identifikaci úzkých míst.

2.6.1 Představení projektu dynamické simulace

Oddělení Plánování logistiky zahraničí (PLL-A/1) se zaměřuje na plánování, realizaci a optimalizaci inhouse logistiky zahraničních projektů, konsolidaci a vyhodnocení logistických nákladů a plánování logistických technologií pro tyto projekty. V rámci plánování a realizace logistických technologií je úkolem tohoto oddělení nastavit materiálové toky na halách ECD, zabezpečit dostatek skladových ploch, balicích pracovišť a konsolidačních a expedičních ploch pro stávající ale i nově nabíhající zahraniční projekty. S narůstajícím počtem nových projektů je tento úkol čím dál obtížnější a v rámci zefektivnění plánovacího procesu vznikl projekt dynamické simulace haly U33. Na vývoji modelu se podílí kromě oddělení plánování logistiky také útvar řízení konceptů výroby a investic (PPS-4). Tento útvar se mimo jiné zabývá plánováním kompletních konceptů závodů a zvláštních projektů, tvorbou počítačových modelů pro oblast výroby a logistiky, jejich následnou analýzou a optimalizací dle stanovených cílů. Konkrétně zde vznikají počítačové modely např. lakoven, svařoven, výrobních linek a podobně. Zkušenosti s tvorbou těchto modelů a simulací z velké části napomohli k vývoji modelu dynamické simulace haly U33 v expedičním centru dílů. Časový harmonogram tohoto vývoje znázorňuje obrázek 8.

Činnost	KT	2022												2023																			
		řij			lis			pro						led		úno			bře		dub												
		40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17		
Zadání projektu a stanovení cílů v rámci oddělení PLL-A/1		█	█																														
Představení projektu oddělení PPS/4				▲																													
Sběr a příprava dat					█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
Tvorba modelu dynamické simulace					█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
Verifikace modelu																																	
Provedení simulace za různých podmínek a analýza výsledků																																	
Finální verifikace modelu																																	
Implementace a rozšíření modelu na další procesy na hale U33																																	

Obrázek 8 Termínový plán tvorby modelu dynamické simulace haly U33 (autor)

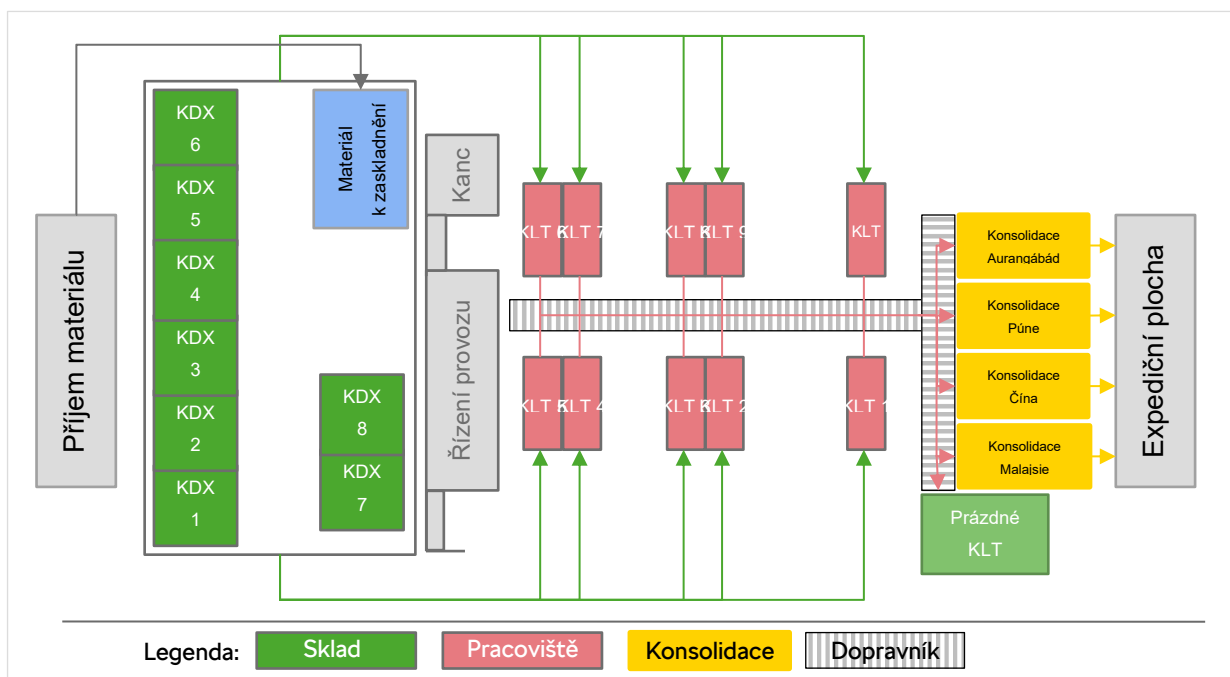
Po prvotním představení záměru a vytyčení cílů byl domluven postup sestavování modelu a způsob spolupráce. Následným krokem byl sběr a příprava vstupních dat. Zároveň byl vypracován layout haly s vyznačeným materiálovým tokem, který sloužil jako prvotní podklad pro umístění jednotlivých skladových ploch, balicích pracovišť a dalších stanic ve

vytvářeném modelu. Navrhování struktury vstupních dat, jejich sběr a úprava probíhala společně s tvorbou modelu dynamické simulace. Nezbytné pro vývoj modelu byly také pravidelné společné schůzky, kde se řešila aktuální problematika.

Zhruba po čtyřech týdnech od zahájení shromažďování a přípravy dat byla sestavena prvotní verze modelu a proběhla první verifikace, kde se ověřilo, zda materiálový tok zachycený ve vytvořeném modelu odpovídá skutečnosti a jednotlivé činnosti jsou správně nastaveny. Následovaly další týdny zaměřené především na úpravu vstupních dat, jelikož bylo průběžně nutné přidávat doplňující parametry nezbytné pro správné fungování modelu. Po více než třech měsících od vzniku prvotní myšlenky tohoto projektu byl dokončen model dynamické simulace zaměřený na KLT přebalovací proces na hale U33. Nadcházející verifikace už byla spíše pro potvrzení, protože ověřování probíhalo paralelně s tvorbou modelu, aby byly případné problémy podchyceny a vyřešeny co nejdříve. Jedním z využití simulace, jak bylo zmíněno v teoretické části této práce, je odpovědět na otázku „Co se stane, když...?“, proto bylo na závěr provedeno několik testů funkčnosti modelu pro různá nastavení a parametry. Společně s tímto krokem proběhla i finální verifikace. Průběh verifikace modelu je popsán v části práce 2.6.5.

2.6.2 Zkoumaný proces

Část 2.5.1 této práce je zaměřena na veškeré procesy spojené se zahraničními knock down projekty na hale U33. Předmětem dynamické simulace ovšem nejsou všechny tyto procesy, ale je jím KLT balicí linka a související činnosti. Celý proces podléhající zkoumání je znázorněn na obrázku 9.



Obrázek 9 Materiálový tok zkoumaného procesu (autor)

Na KLT lince se přebalují menší díly a z hlediska plánování logistiky, skladových kapacit a množství pracovišť se jedná o složitý proces. Prvním článkem modelu dynamické simulace je příjem materiálu. Zásoby z příjmu putují na plochu určenou k zaskladnění materiálu, tento tok znázorňuje šedá šipka. KDX 1 až KDX 8 označují automatizované skladové jednotky Kardex, do kterých je materiál zaskladněn pracovníkem. Zelená šipka znázorňuje tok vyskladněného materiálu na jednotlivá KLT balicí pracoviště, kde dojde k zabalení materiálu do expedičního balení. Takto zabalený materiál a prázdný dodavatelský obal (prázdné KLT) přesune pracovník na válečkový dopravník. Prázdný obal je dopravníkem přemístěn na místo pro prázdné KLT a zabalený materiál na konsolidaci, jak znázorňují červené šipky. Posledním tokem materiálu zachyceným v tomto modelu je přesun z konsolidace na expediční plochu. Poté již následuje nakládka a expedice do zahraničních montážních závodů. Pro expedici je zpravidla využita silniční nebo železniční doprava. Vytvořený model v 3D podobě je uveden v příloze F.

2.6.3 Vstupní data dynamické simulace

Hlavním vstupem je kusovník obsahující seznam dílů a další informace nezbytné pro zajištění správného fungování dynamické simulace. Jedná se o tabulku vytvořenou v kancelářské aplikaci Microsoft Excel s následující strukturou (Tabulka 3):

Tabulka 3 Vstupní tabulka dat dynamické simulace

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1			Dílů/vůz	Dodav.	Dílů/KLT	Doba	Expediční balení			Dílů/Exp	Objem	Hmotnost		
2	Číslo dílu	Popis materiálu	[ks]	balení	[ks]	[hod]	Délka	Šířka	Výška	Bal [ks]	[m ³]	[kg]	Zákazník	Vůz
3	4E4111222	ZAPALOVACÍ SVÍČKA	4	004147	120	0,243	400	300	150	120	0,018	7,28	Pune	Kodiaq
4	7E6123456	ŘÍDICÍ JEDNOTKA MOTORU	1	006280	12	0,483	600	400	280	12	0,0672	9,90	Malajsie	Cayenne
5	N90987654	ŠROUB ŠESTIHRANNÝ	37	003147	4200	0,158	300	200	150	4200	0,009	13,65	Malajsie	Cayenne
6	6E4131400	OSVĚTLENÍ RZ	2	004147	40	0,330	400	300	150	40	0,018	6,22	Aurangábád	Kodiaq

Zdroj: Škoda Auto (2023), autor

Sloupec A obsahuje čísla dílů k přebalení a je klíčový pro správné přiřazení hodnot k jednotlivým činnostem v průběhu simulace. Popis materiálu (sloupec B) je pouze orientační a využitelný především při zkoumání výstupů. Sloupec C zachycuje, jaké množství jednotlivých dílů se spotřebuje na jeden vůz. Sloupec D a E se týká dodavatelského balení, je zde uvedeno označení dodavatelských obalů a množství dílů v jednom balení. Na základě toho dokáže model určit správné místo ve skladu a upravit aktuální skladovou zásobu. Sloupce F až L jsou naopak zaměřeny na expediční obal. Doba balení říká modelu, jak dlouho stráví díl na balicím pracovišti, než bude přesunut na konsolidaci. Na základě délky, šířky a výšky nastaví model správný rozměr již přebaleném dílu. Počet dílů v expedičním obalu by měl být shodný

s počtem dílů v dodavatelském obalu. Důvodem je omezit zpětný tok materiálu z KLT linky do skladu. Objem a hmotnost nejsou pro fungování modelu důležité, ale slouží spíše jako ukazatel, např. pro zjištění denního objemu přebalených dílů a podobně. Sloupec „Zákazník“ má v modelu dvě hlavní funkce – určuje, kam na konsolidaci má být kartonový box přemístěn a umožňují sledovat statistiky podle jednotlivých projektů. Poslední sloupec Vůz říká, pro jaké vozidlo je daný díl.

Dalším vstupem je směnový kalendář, kde jsou zachyceny veškeré obědové přestávky a střídání směn. Stejně jako ve výrobě je i v expedičním centru dílů tří směnný provoz. Kromě směnového kalendáře zohledňuje model také pravidelné kontroly automatizované skladových jednotek. Posledním vstupem je tabulka s uvedenými počty vozů k expedici. Na základě této tabulky jsou modelem generovány odvolávky tak, aby bylo dosaženo požadovaného množství expedovaných vozů za zadané časové období.

2.6.4 Popis fungování modelu

Před uvedením způsobu fungování modelu je potřeba se zaměřit na systémové hranice, s kterými se při vytváření pracovalo, aby bylo možné vůbec takový model vytvořit. Jedná se o tyto body:

- vstupní data obsahují reálné parametry a hodnoty,
- dodavatelé mají díly vždy v zásobě a jsou vždy včas dodány,
- model pracuje s pauzou na oběd o délce 30 min,
- jsou uvažovány pouze obědové pauzy, střídání směn a úklid na pracovišti,
- plýtvání je do modelu zahrnuto a je generováno náhodně,
- čas zaskladnění/vyskladnění do/z jednotky automatizovaného skladového systému je stanoven v rozmezí 50 až 56 sekund na jedno KLT,
- doba přesunu materiálu ze skladu na balicí pracoviště je závislá na vzdálenosti mezi těmito místy,
- rychlost pohybu pracovníka skladu je stanovena na 3 km/h,
- vyskladnění KLT z automatizovaného skladového systému a následný přesun ke KLT pracovištěm zajišťuje vždy jeden pracovník, stejný pracovník zajišťuje také zaskladnění materiálu,
- na kterémkoliv pracovišti je možné balit kterýkoliv díl,
- konsolidace je rozdělena na čtyři části – Púne, Aurangábád, Malajsie a Čína,
- na konsolidaci jsou využívány vždy palety stejného rozměru,
- model neuvažuje poruchovost.

V momentě, kdy se dynamická simulace spustí, jsou do automatizovaných skladových systému Kardex nastaveny zásoby na tři dny pro všechny díly ze vstupního kusovníku. Jedná se o minimální skladovou zásobu, která je obecně platná pro všechny projekty a v našem modelu zároveň zachycuje výchozí stav zásob. Na základě kusovníku jsou modelem tvořeny odvolávky dílů. Vytvoření odvolávky dá impuls skladníkovi, že je potřeba vyskladnit daný díl v potřebném množství a přesunou na balicí pracoviště. Samotné vyskladnění trvá od 50 do 56 sekund, což je hodnota naměřená v reálném provozu. Vyskladněný díl přesune skladník na vozík a je připraven jej přepravit na balicí pracoviště. Pokud ale během vyskladňování dojde k vytvoření další odvolávky, skladník rovnou vyskladní i novou odvolávku a následně přepraví společně s předchozí na balicí pracoviště. Přesun materiálu na pracoviště provede v momentě, kdy nedojde během doby vyskladnění k vytvoření nové odvolávky nebo je vyčerpána kapacita vozíku.

Při vytvoření odvolávky zároveň dochází ke kontrole hladiny zásob. Výchozí stav je nastaven na minimální hladinu, tudíž při prvním vyskladnění dojde ihned k objednání nových zásob vyskladněného dílu. Pro každého dodavatele je nastavena velikost dodávky respektovaná i v tomto modelu. Po dodání materiálu je zodpovědnost skladníka zaskladnit materiál. Skladové místo vybírá model na základě obsazenosti automatizovaných skladových jednotek a rozměru dodavatelského balení.

Samotné zásobování jednotlivých balicích pracovišť probíhá na jednoduchém principu. Vždy se začíná u prvního pracoviště, pokud se na pracovišti balí materiál, model přejde ke kontrole druhého pracoviště, pokud je druhé pracoviště volné, materiál je zde vyložen a pracovník začne balit. V případě, že jsou veškerá pracoviště v činnosti, přestane model vytvářet nové odvolávky, skladník přeruší zásobování pracovišť a věnuje se zaskladňování dodaných zásob. Další odvolávky jsou opět vytvářeny ve chvíli, kdy na některém z deseti balicích pracovišť zbývá do zabalení veškerého materiálu méně než pět minut.

Po dokončení balení materiálu přesune pracovník zabalený kartonový box společně s prázdným dodavatelským obalem na válečkový dopravník. Každému dílu je zároveň přiřazen i odpovídající zákazník – Aurangábád, Púne, Čína nebo Malajsie. Podle zákazníka je řízen přesun přebaleného materiálu na příslušnou konsolidační plochu a odtud je následně umístěn na paletu. Ke každému zákazníkovi jsou přiřazeny dvě palety pro konsolidaci, které se plní současně. Smyslem je zajistit co nejvyšší vytíženost palet. Po vytížení palety na určitou úroveň, která je nyní stanovena na 90 %, je zajištěn přesun na expediční plochu vysokozdvíhým vozíkem.

2.6.5 Verifikace a validace modelu

Pro možné využití výstupů z dynamické simulace v praxi je nezbytné provést verifikaci vytvořeného modelu dynamické simulace. Samotná verifikace byla při vývoji modelu rozdělena na tři fáze:

1. Verifikace materiálového toku
2. Validace doby trvání jednotlivých činností
3. Experimenty při různých nastavení modelu (Simulační experimenty pro různá nastavení modelu)

První fáze verifikace vedla k ověření správnosti materiálového toku. Vzhledem k tomu, že je model vytvořen v 3D prostředí, lze snadno materiálový tok pozorovat. Na základě pozorování a následného porovnání s reálným materiálovým tokem bylo potvrzeno, že je model z tohoto hlediska vytvořen správně. Abychom se zároveň ujistili, že se materiál v modelu někde neztrácí a jsou skutečně přebaleny veškeré vyskladněné díly, byly na začátku a konci celého materiálového toku umístěna počítadla. První počítadlo zaznamenávalo počet vyskladnění z automatizovaných skladových systémů a počítadlo na konci zase počet přebalených kartonových boxů. Tyto hodnoty se vždy na konci simulace shodovaly, což potvrzuje správnost fungování modelu. Obdobně fungovala verifikace příjmu materiálu a následného zaskladnění do automatizovaných skladových jednotek.

Druhá fáze byla zaměřena na kontrolu doby trvání jednotlivých činností, abychom ověřili, že nastavení v modelu odpovídá reálnému procesu. Tato část verifikace probíhala na základě analýzy třech druhů dat, které byly mezi sebou následně porovnány. Jedná se o data pro pět vytipovaných dílů získané měřením přímo v provozu, data získaná výpočtem a data získané z modelu. Data získaná výpočtem vychází z interních norem pracnosti, které udávají časový fond pro vykonání dané činnosti. Pro příklad lze uvést způsob výpočtu doby pro zavážení balicích pracovišť materiálem, která se získá jako součet normy pro vyskladnění materiálu, přesun materiálu ze skladu na pracoviště a normy pro vyložení materiálu z vozíku na pracoviště. Reálně naměřené hodnoty byly měřeny pro každý vybraný díl celkem třikrát a z naměřených hodnot byl následně vypočítán prostý aritmetický průměr. Výsledné hodnoty byly mezi sebou porovnány, aby se odhadla odchylka od skutečného stavu.

V tomto případě se zjistilo, že dané množství dílů bylo v modelu připraveno k expedici rychleji oproti skutečné době přebalování. Hodnoty se obvykle lišily v řádech desítek minut a problém nastával téměř v každém provedeném testu. Kontrola vstupní tabulky, kde jsou mimo jiné zaznamenány doby balení jednotlivých dílů, proběhla v pořádku a nebyly objeveny žádné

problémy. Nakonec byl odhalen problém s nastavením pracovníků. Tomuto tématu je věnována následující část práce 2.6.6.

Třetí část verifikace proběhla po kompletním sestavení modelu. Do modelu byla nahrána vstupní data z transportních příkazů. Transportní příkaz je tabulka vznikající na konci každé směny, kde jsou vedeny záznamy veškerých materiálových pohybů na hale U33 během dané směny. Z transportních příkazů lze tedy vyčíst jaké díly a v jakém množství byly za směnu přebaleny a připraveny k expedici, dále celkový čas trvání tohoto přebalení a podobně. Na základě náhodně vybraných směn byla provedena simulace a porovnány reálné hodnoty z transportních příkazů s hodnotami z modelu dynamické simulace.

Tento způsob byl vybrán jako nejvhodnější metoda ověření, jelikož se jedná o různorodý proces, kde se s každým dílem mění i takt (doba přebalení) na balicím pracovišti. Nelze tedy k verifikaci přistupovat jako např. k ověření modelu zaměřeného na sériovou výrobu

2.6.6 Produktivní čas pracovníka

Vytvořený model má co nejuvěrněji zobrazit reálný proces přebalování, aby bylo možné výsledky simulace použít pro plánování a rozhodování v praxi. Přebalování na KLT balicí lince je ruční práce prováděna pracovníky, kteří se ovšem nevěnují celý pracovní čas pouze přebalování, ale je nutno také zohlednit některé další činnosti, jak znázorňuje tabulka 4.

Tabulka 4 Produktivní čas pracovníka

Celkový čas směny	480 min	-
Pracovní čas	450 min - 30 min	100 %
Předání směny	442 min - 8 min	- 1,8 %
Úklid	432 min - 10 min	- 2,2 %
Operativa	425 min - 7 min	- 1,6 %
Disponibilní čas	425 min	94,4 %
Plýtvání	395 min - 30 min	- 6,7 %
Produktivní čas	395 min	87,7 %

Zdroj: Škoda Auto (2023), autor

Základem pro výpočet produktivního času pracovníka je časový fond odpovídající délce jedné směny po odečtení zákonem dané půlhodinové přestávky, tedy 7,5 hodin nebo 450 minut. Z tohoto základního časového fondu se postupně odečítají časové ztráty za jednotlivé vedlejší a pomocné činnosti.

Při předávání směny se jedná o časovou ztrátu průměrně osm minut, provádí se kontrola pracoviště a pracovních pomůcek po předchozím pracovníkovi. Před koncem směny jsou pracovníci povinni uklidit svá pracovní místa pro směnu následující. Tento úklid zabere průměrně deset minut. Operativa představuje sedmiminutovou ztrátu, do této kategorie spadá přesunutí pracovníka na jiné pracoviště v průběhu směny dle potřeby, rozhovor s mistrem a podobné činnosti. Po sečtení těchto podpůrných činností a následném odečtení od pracovního času dostáváme hodnotu 425 minut, která představuje disponibilní čas pro výkon produktivní činnosti jednoho pracovníka. V neposlední řadě je také potřeba uvažovat plýtvání ohodnocené časovou ztrátou 30 minut za směnu. Spadá sem řešení reklamací, vícepráce, čekání na materiál a další druhy plýtvání. Po odečtení plýtvání se celkový produktivní čas rovná 395 minutám. Jinými slovy pracovník pracuje zhruba 87,7 % z celkového času směny zkráceného o povinnou půlhodinovou přestávku.

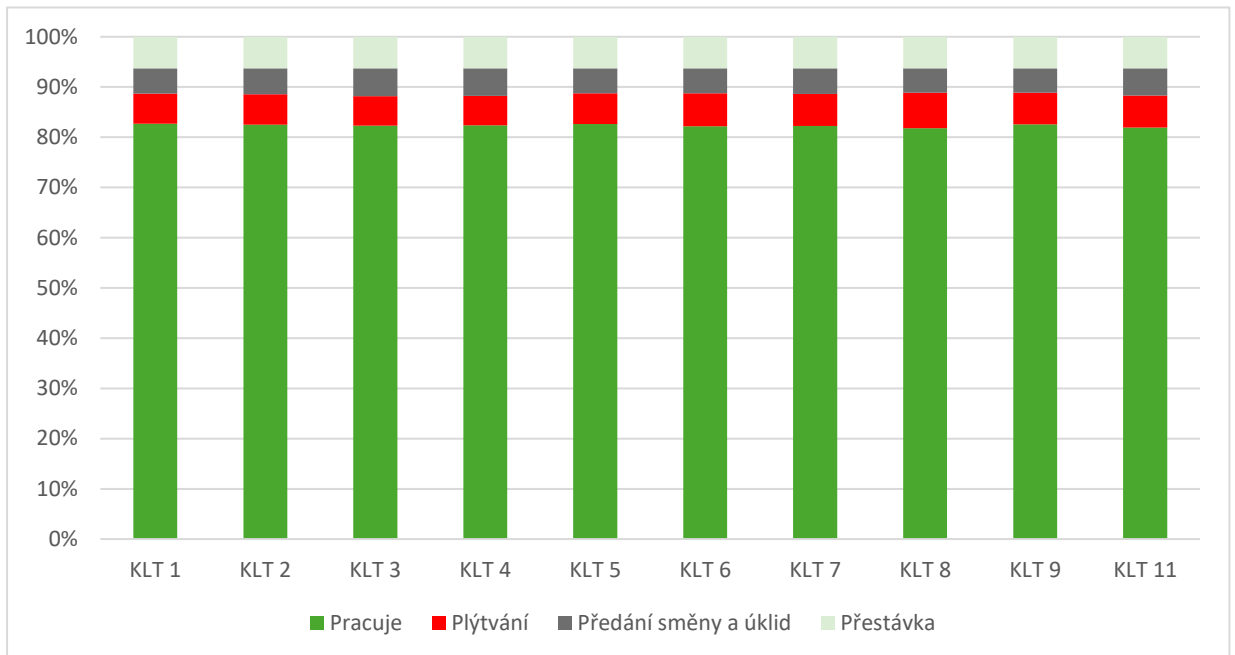
Stejně jako v reálném procesu je toto nutno zohlednit i ve vytvořeném modelu. Zahrnout do modelu veškeré tyto faktory a náhodně generovat například přesun na jiná pracoviště by bylo obtížné. Řešením v této situaci je nastavení pracovníka přímo v programu Siemens Plant Simulation. U každého pracovníka je mimo jiné možnost nastavit jeho dostupnost. Na základě tabulky 4 je pro všechny pracovníky v modelu dynamické simulace nastavena hodnota 87,7 %, která tyto faktory zohledňuje a zároveň představuje jedno z nejjednodušších řešení, jak toto plýtvání do modelu zahrnout.

2.6.7 Analýza procesu pomocí dynamické simulace

V úvodu této části práce je potřeba zmínit, že vytvořený model pracuje s nastavenou dostupností pracovníka na 87,7 %. Do modelu by bylo složité zahrnout faktory, které ovlivňují dobu, kdy pracovník skutečně pracoval, jako např. reklamace, vícepráce a podobně. Proto se využívá již zmíněná hodnota dostupnosti pracovníka 87,7 %, která tyto faktory zohledňuje. Výpočet produktivního času pracovníka je uveden v části 2.6.6.

V rámci analýzy současného stavu byla provedena simulace celého procesu přebalování dílů na KLT lince, od příjmu materiálu až po konsolidaci, pro vybrané období od 1. 5. 2022 do 22. 7. 2022. Toto období bylo vybráno záměrně, jelikož bylo oproti ostatním měsícům velké množství odvolávek a byla vyšší vytíženost.

Exportované výsledky umožňují sledovat statistiky jednotlivých pracovišť nebo pracovníků a následně tyto výstupy analyzovat. Základem celého procesu je přebalení dílů z dodavatelského obalu do expedičního, aby je bylo možné přepravit k zákazníkovi. Tato činnost je pracovníky vykonávána na deseti KLT balicích pracovištích. Průměrná vytíženost jednotlivých balicích pracovišť je znázorněna pomocí sloupcového grafu na obrázku 10.



Obrázek 10 Vytížení KLT balicích pracovišť (autor)

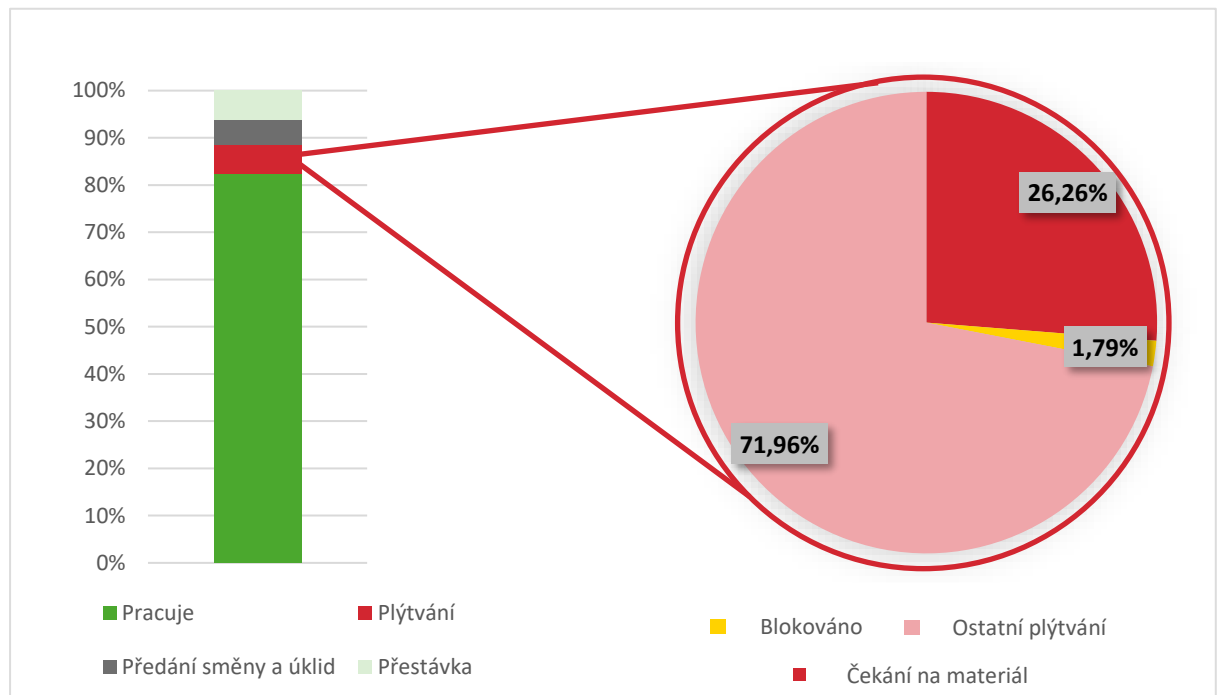
Ve vytvořeném modelu jsou aktivity pracovníků na balicím pracovišti rozdělovány do čtyř kategorií – pracuje, plýtvání, předání směny a úklid nebo přestávka. Do kategorie „pracuje“ se řadí veškerá činnost spojená s přebalováním materiálu a dílů, tedy manipulace s díly, příprava obalového materiálu, samotné balení a následný přesun přebaleného materiálu na válečkový dopravník.

Pokud pracovník má veškeré díly zabalené a žádné další nemá připravené na přípravné ploše, zaznamenává se tato událost do kategorie „plýtvání“. Zároveň sem spadají náhodně vyvolané „prostoje“, které charakterizují další druhy plýtvání.

Poslední dvě kategorie „má přestávku“ a „předání směny a úklid“ znázorňují veškerý čas strávený pauzou na oběd a činnostmi prováděnými na začátku a na konci směny. Doba obědové pauzy je pro všechna pracoviště totožná, předání směny a úklid je náhodně generován v zadaném intervalu, aby model více odrážel skutečný stav.

Zároveň je důležité zmínit, že někdy dochází i k případu, kdy pro množství odvolávek plánovaných na danou směnu není potřeba všech 10 balicích pracovišť. V takovém případě se

počet aktivních pracovišť upraví v modelu. Stejně je tento proces nastaven i v reálném provozu a není tedy pravidlem, že vždy musí být aktivní všechna pracoviště.



Obrázek 11 Průměrné vytížení KLT pracoviště a detail plýtvání na pracovišti (autor)

Obrázek 11 zobrazuje průměrné vytížení KLT pracoviště se zaměřením na plýtvání. Sloupcový graf udává celkovou vytíženost pracoviště. Průměrně pracovník balení pracuje 82 % své pracovní doby. Pauza na oběd, předání směny a úklid tvoří v součtu zhruba 11 %. Zbýlých 7 % představuje plýtvání. Výstupy z dynamické simulace pro současný stav jsou uvedeny v příloze A.

Koláčový graf se zaměřuje na detail plýtvání na pracovišti a zahrnuje čtyři kategorie – blokováno, čekání na materiál a ostatní plýtvání. Blokováno je způsobeno tím, že válečkový dopravník je využíván pro přesun jiného materiálu a pracovník tedy musí čekat na uvolnění dopravníku. Ostatní plýtvání způsobuje nastavení vytvořeného modelu a představuje úmyslně vytvořené prostoje, aby se model více přiblížil realitě. Pro příklad sem patří zbytečná manipulace s materiálem nebo řešení reklamací. Čekání na materiál může být způsobeno pouze jedním faktorem, a to obsluhou skladových jednotek, která má na starost zásobování pracovišť materiálem. Vytížení tohoto pracovníka znázorňuje obrázek 12.

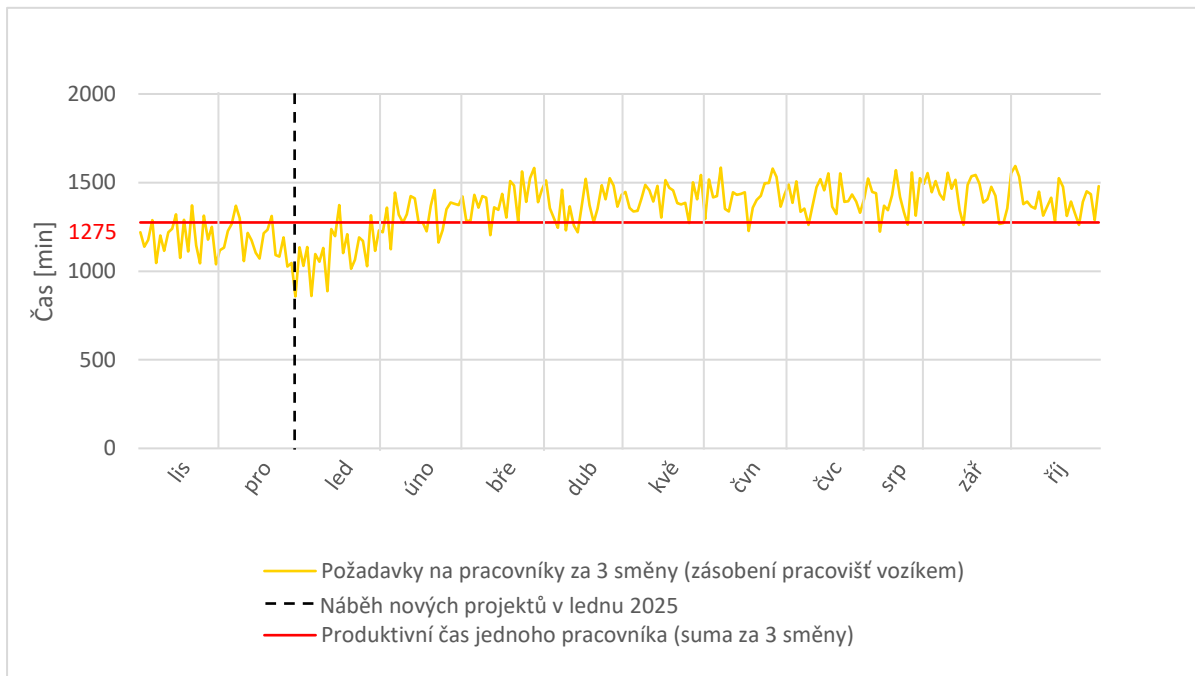


Obrázek 12 Vytížení obsluhy automatizovaných skladových systémů (autor)

Obsluha automatizovaných skladových systémů zastává především činnosti jako zaskladnění materiálu z příjmu do skladových jednotek, následně, při vzniku potřeby, jeho vyskladnění a převezení na balicí pracoviště. Pokud nedojde ke spotřebě veškerého materiálu z dodavatelského obalu, je zbylý materiál zaskladněn zpět do skladu, tuto činnost také vykonává tentýž pracovník. Z obrázku 12 vyplývá, že v mnoha případech je pracovník obsluhy automatizovaných skladových systémů na hraně své kapacity a někdy nestihne veškerou práci v rámci směny vykonat a ta se následně přenáší na pracovníka další směny.

Příčin může být několik. Zavážení pracovišť se provádí elektrickým vozíkem, nejdříve se vyskladní materiál ze skladu na vozík, následně ho pracovník přepraví na příslušné pracoviště a vrací se zpět. Pokud se sejde mnoho odvolávek najednou, doba zavážení se prodlužuje. Další zpoždění může způsobit samotný automatizovaný skladový systém. Pokud jsou dva díly umístěné ve stejné skladové jednotce a na jiné polici, celková doba vyskladnění roste. Do toho zároveň vstupuje nutnost zaskladňování nespotebvaného materiálu nebo nově dodaného zboží. V reálném provozu se tato situace řeší tím, že jsou na jedné směně pracovníci dva, což vede k jejich nízké vytíženosti. Zároveň to odporuje plánovanému stavu, ve kterém je pro tuto činnost naplánován pouze jeden pracovník a předpokládá se, že by tyto činnosti měl zvládat.

V roce 2025 je plánován náběh dvou nových projektů. To mimo jiné znamená i navýšení celkového objemu dílů, které se budou přebalovat a s tím spojené další zatížení pracovníka obsluhy automatizovaných skladových systémů. Výstupy z dynamické simulace pro část roku 2024 a 2025 je vidět na grafu na obrázku 13.



Obrázek 13 Předpokládané vytížení obsluhy automatizovaných skladových systémů od listopadu 2024 do října 2025 (autor)

Problém s vytížeností obsluhy automatizovaných skladových systémů představuje problém i pro budoucí projekty. Na uvedeném grafu na obrázku 13 je znázorněno vytížení pracovníka obsluhy skladu pro období od 1. 11. 2024 do 31. 10. 2025. Na začátku roku 2025 naběhnou dva nové projekty a společně s nimi proběhne i navýšení množství přebalovaných dílů. Z grafu vyplývá, že v této situaci již nebude jeden pracovník dostatečný a celkové vytížení výrazně přesahuje jeho disponibilní časový fond.

2.7 Shrnutí analýzy

V první části analýzy logistických procesů v expedičním centru dílů je představena společnost Škoda Auto, od krátkého historického úvodu až po její současný stav, produktové portfolio a dlouhodobé cíle obsažené ve strategii NEXT LEVEL. Na představení společnosti navazuje část zabývající se expedičním centrem dílů. Jednotlivé podkapitoly nejprve zahrnují obecné informace o expedičním centru dílů a zahraničních projektech. Nechybí ani popis třech hal, kde jsou zahraniční projekty realizovány a také venkovních skladových a manipulačních ploch, vlečky a kontejnerového terminálu. Značná část práce je věnována hale U33 v níž se nachází KLT balicí linka, která je předmětem analýzy.

Na KLT balicí lince jsou přebalovány díly z dodavatelského balení do expedičního. Tento proces se provádí proto, že tyto díly jsou přepravovány do zahraničních montážních závodů např. v Indii nebo Malajsii, kde jsou z nich následně kompletovány vozy. Vhodné expediční balení má předejít jakémukoliv poškození materiálu a dílů při přepravě. Celý proces přebalování dílů je pomocí programu Siemens Plant Simulation převeden do digitální podoby a výsledný model dynamické simulace je využit pro analyzování tohoto procesu.

Na základě výsledků provedené analýzy bylo odhaleno úzké místo v obsluze automatizovaných skladových systémů. Obsluhu těchto skladů zabezpečuje jeden pracovník zodpovědný za zaskladnění a vyskladnění materiálu a jeho přepravení na jednotlivá balicí pracoviště na KLT lince. Z důvodu stále rostoucích objemů dílů a nově nabíhajících projektů již jeden pracovník nedokáže dlouhodobě zabezpečit plynulost procesu přebalování dílů. Velká vytiženost pracovníka vede k nedostatečně rychlému zavážení balicích pracovišť materiálem a způsobuje prostoje pracovníkům balení, kteří čekají na materiál.

3 NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ LOGISTICKÝCH PROCESŮ V EXPEDIČNÍM CENTRU DÍLŮ VE ŠKODA AUTO A.S.

Ve druhé kapitole práce byla provedena analýza současného stavu procesu přebalování dílů na KLT balicí lince. Pro analýzu tohoto procesu byla využita data získaná z vytvořeného modelu dynamické simulace. Na základě provedené simulace a vyhodnocení vzešlo jako úzké místo zavážení jednotlivých balicích pracovišť materiálem. Tuto činnost zastává jeden pracovník a při vyšších objemech dílů, které mají být přepraveny na balicí pracoviště k přebalení, dochází k nadměrnému vytížení tohoto pracovníka a v důsledku toho musí zaměstnanci na balicích pracovištích na materiál čekat. To zpomaluje proces a vznikají tak nežádoucí prostoje. V této kapitole budou představeny návrhy na zlepšení tohoto problému a následně jejich zhodnocení.

3.1 Využití válečkového dopravníku pro přesun materiálu na balicí pracoviště

V současném procesu je zásobování balicích pracovišť prováděno pracovníkem pomocí vozíku, který může být poháněn elektricky nebo tlačem. Zavážení lze velmi obtížně plánovat dopředu, protože každý díl se balí rozdílně dlouho a požadavky na zavážení materiálu chodí nepravidelně. Ve velkém množství případů se stává, že přesun materiálu se provádí pouze na jedno pracoviště nikoliv hromadně, čímž není vozík plně vytížen.

Součástí KLT balicí linky je válečkový dopravník využívaný pro přesun přebaleného materiálu a prázdných dodavatelských obalů na konsolidační pracoviště na konci linky. Pro zlepšení procesu se nabízí řešení prodloužit tento dopravník až k automatizovaným skladům a nově ho využívat také pro přesun materiálu ze skladu na balicí pracoviště. Na obrázku 14 je znázorněn současný stav a navrhovaný stav.

Vyskladnění ze skladu by probíhalo stejně jako doposud, tedy ze skladové jednotky by pracovník naložil materiál na vozík. Již by ale nebyl nucen jet s ním až na balicí pracoviště ale pouze k dopravníku, který by byl vzdálen několik jednotek metrů. Tam by následně díly vyložil a ty by byly na pracoviště přesunuty dopravníkem. V případě lehkých dílů by mohl pracovník přenést manipulační jednotku přímo na dopravník bez využití vozíku. K prodloužení dopravníku by se také pojila stavební úprava řízení provozu, které se skládá ze dvou oddělených kanceláří nacházejících se mezi skladem a balicí linkou, jak znázorňuje obrázek 14.

Současný stav**Navrhovaný stav**

Obrázek 14 Současný a navrhovaný stav využití válečkového dopravníku na KLT lince (autor)

Šířka nového dopravníku by byla shodná s tím stávajícím, tedy 800 mm. Tento rozměr je dostatečný pro veškeré rozměry dodavatelských i expedičních KLT. Současný dopravník je vybaven několika branami, které rozdělují materiál na správná konsolidační pracoviště dle projektu. Podobně by fungovalo i zásobování pracovišť materiálem ze skladu. Brány umístěné na dopravníku by identifikovaly materiál a přemístily na správné pracoviště.

Aby mohlo dojít k prodloužení dopravníku až ke skladovým systémům je potřeba část řízení provozu přesunout mimo KLT balicí linku a uvolnit tak prostor. Možným řešením je demolice jedné z kanceláří a její přesunutí do jiné. Druhá část kanceláře se přímo pojí k chodu balicích pracovišť, probíhá zde přerzdělování práce nebo řešení operativních problémů. Z toho důvodu je nutné, aby tato kancelář zůstala i nadále na stejném místě.

Při implementaci tohoto návrhu do provozu je dále potřeba brát v potaz napojení nové části dopravníku na stávající systém a následné nastavení. Tyto činnosti by zabezpečovalo interní IT oddělení v kooperaci se společností poskytující válečkový dopravník. Napojení na stávající systém by mělo být možné, protože dříve tímto způsobem fungovalo zavážení pracovišť obalovým materiálem, kdy na začátku KLT linky byla dvě přípravná pracoviště, kde se formátovaly kartonové proložky, bublinkové folie a podobně. Z přípravných pracovišť putoval obalový materiál na balicí pracoviště po dopravníku. Tato činnost se následně přesunula přímo na jednotlivá balicí pracoviště.

3.2 Navýšení počtu pracovníků obsluhy automatizovaných skladových systémů

Podle současného projektového stavu by měl zavážení balicích pracovišť zastávat jeden pracovník obsluhy skladu společně s ostatními činnostmi, které má na starost. V některých případech, kdy jsou např. vysoké objemy expedovaných dílů, již tyto činnosti nezvládá zastávat a dochází ke zpomalení procesu přebalování. Toto se často děje před celozávodní dovolenou v červenci.

Tento návrh spočívá v přidání druhého pracovníka obsluhy automatizovaných skladových jednotek do projektového stavu. Pracovníci skladu se starají o zaskladnění přijímaného materiálu do automatizovaných skladových jednotek a následné vyskladnění a přesunutí na balicí pracoviště při vzniku potřeby. Při implementaci tohoto návrhu by bylo možné rozdělit jednotlivé činnosti mezi tyto dva pracovníky, kdy by jeden z nich měl na starost zaskladnění přijímaného materiálu a druhý vyskladnění a zásobování pracovišť. Zavážení by probíhalo stejným způsobem jako doposud, tedy za pomoci vozíku zobrazeného na obrázku 15.



Obrázek 15 Vozík pro zavážení balicích pracovišť materiálem (autor)

Při plánování směn je třeba brát v potaz, že pro obsluhu elektricky poháněného vozíku musí být příslušný pracovník proškolen. Pokud toto školení neabsolvoval, nemůže využívat elektrický vozík, ale musí ho tlačit ručně.

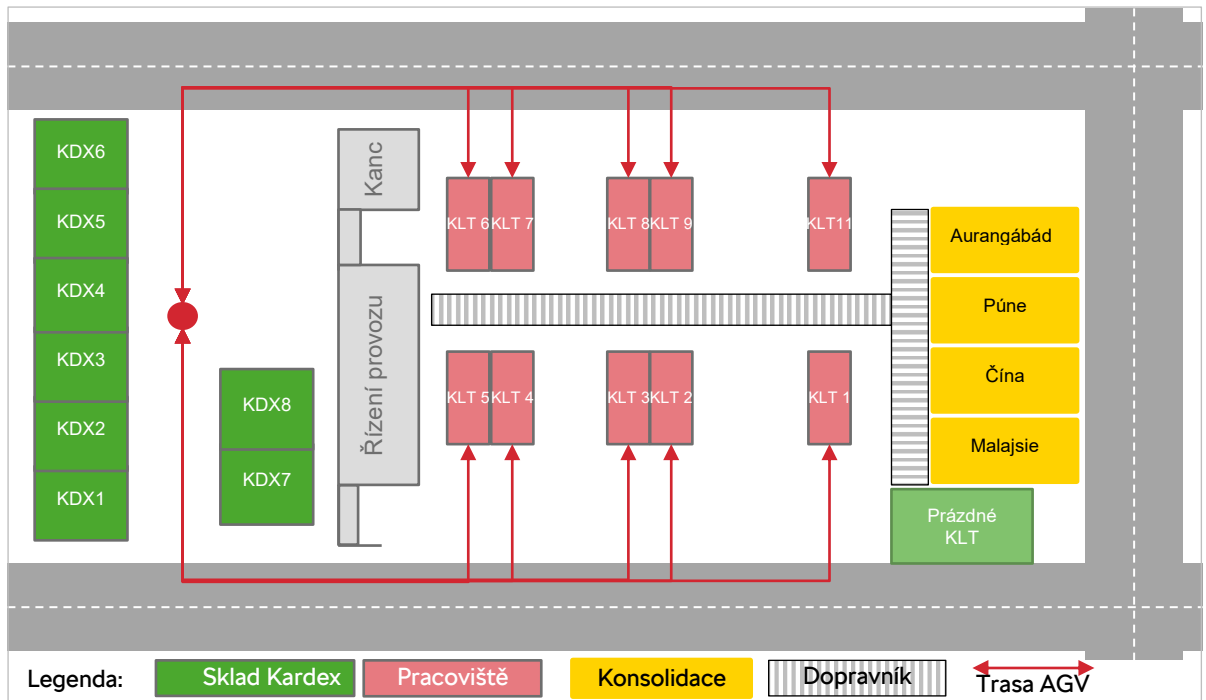
3.3 Nasazení autonomních vozíků pro zásobování balicích pracovišť materiálem

Třetím návrhem je nasazení jednoho autonomního vozíku pro zavážení balicích pracovišť materiálem. V rámci tohoto návrhu by se jednalo o úplné nahrazení v současnosti používaných vozíků obsluhovaných pracovníkem automatizovaných skladů za plně autonomní vozík. Obsluha skladových systémů by i nadále vykonávala činnosti jako vyskladňování a zaskladňování materiálu do skladových jednotek s rozdílem, že vyskladněný materiál by pracovník pouze přemístil ze skladu na autonomní vozík. V tomto případě by byl využit tažný typ AGV, který by za sebou táhnul nyní používané ruční vozíky pro přesun materiálu. Výhodou toho je, že by v případě poruchy automatického vozíku bylo možné zavážet materiál ručně, stejně jako tomu je v současném stavu. Ve společnosti Škoda Auto se již tyto tažné AGV používají, jak je vidět na obrázku 16.



Obrázek 16 Automaticky řízený vozík CEIT (Škoda Auto, 2017)

Po vyskladnění materiálu na autonomní vozík by měl skladník možnost si vybrat, zda chce přidat ještě další materiál anebo odeslat materiál na pracoviště. S využitím umělé inteligence a kamer by vozík přemístil materiál na zvolené balicí pracoviště, kde by se o vykládku postaral přímo pracovník balení z daného pracoviště. Ten by následně potvrdil převzetí materiálu, aby se mohl vozík vrátit zpět ke skladu a byl připraven pro další zavážení. Autonomní vozíky by jezdily po trase vyznačené na obrázku 17.



Obrázek 17 Layout KLT balicí linky s vyznačenou trasou autonomních vozíků (autor)

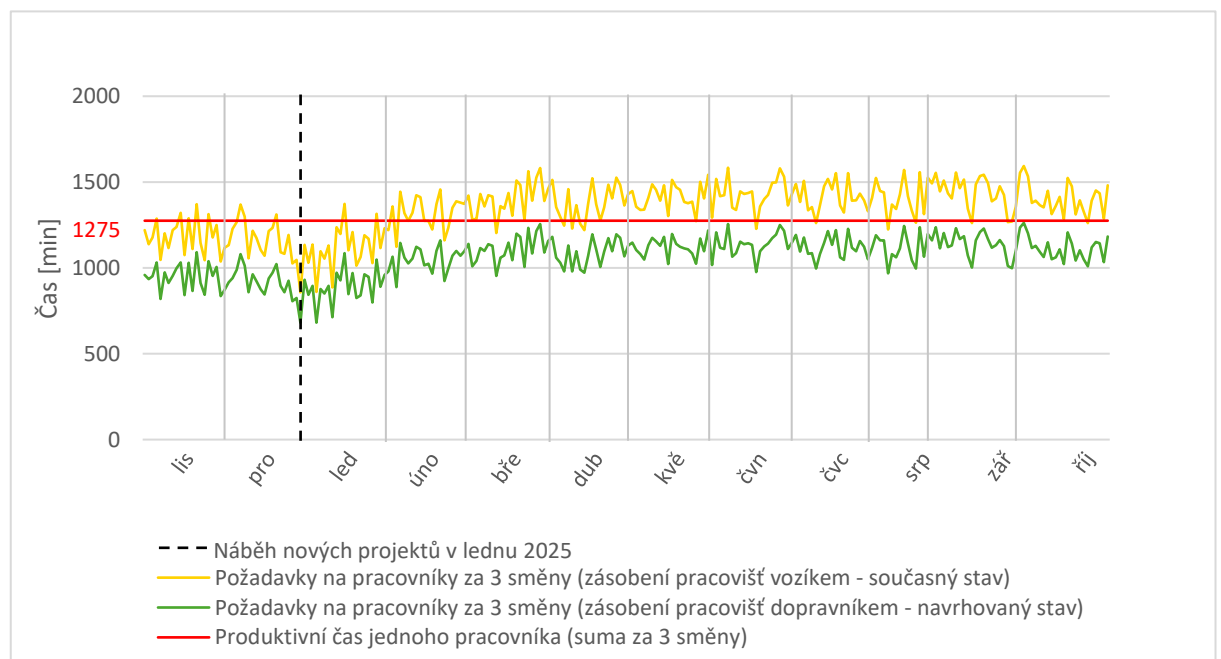
Vyznačená trasa byla navrhována s ohledem na provoz vysokozdvíhových vozíků na hale. Pro co největší omezení kontaktu s AGV není trasa vedena kolem konsolidační plochy, ale pokud je potřeba zavážet pracoviště na protější straně, musí vozík objet KLT linku kolem skladu.

4 ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ

V návrhové části práce byly představeny návrhy pro zlepšení procesu přebalování materiálu na KLT balicí lince. Problémem v tomto procesu jsou především prostoje na balicích pracovištích, které vznikají v důsledku velkého vytížení obsluhy automatizovaných skladových systémů. Pracovník v některých případech nestíhá zásobovat pracoviště a ty musí čekat na materiál. Jako řešení bylo navrženo prodloužení pásového dopravníku ke skladu a jeho využití pro zásobování pracovišť. Druhý návrh zahrnoval přidání druhého pracovníka a ve třetím návrhu byly doporučeny automaticky řízené vozíky pro zavážení pracovišť. V této části budou oba návrhy zhodnoceny.

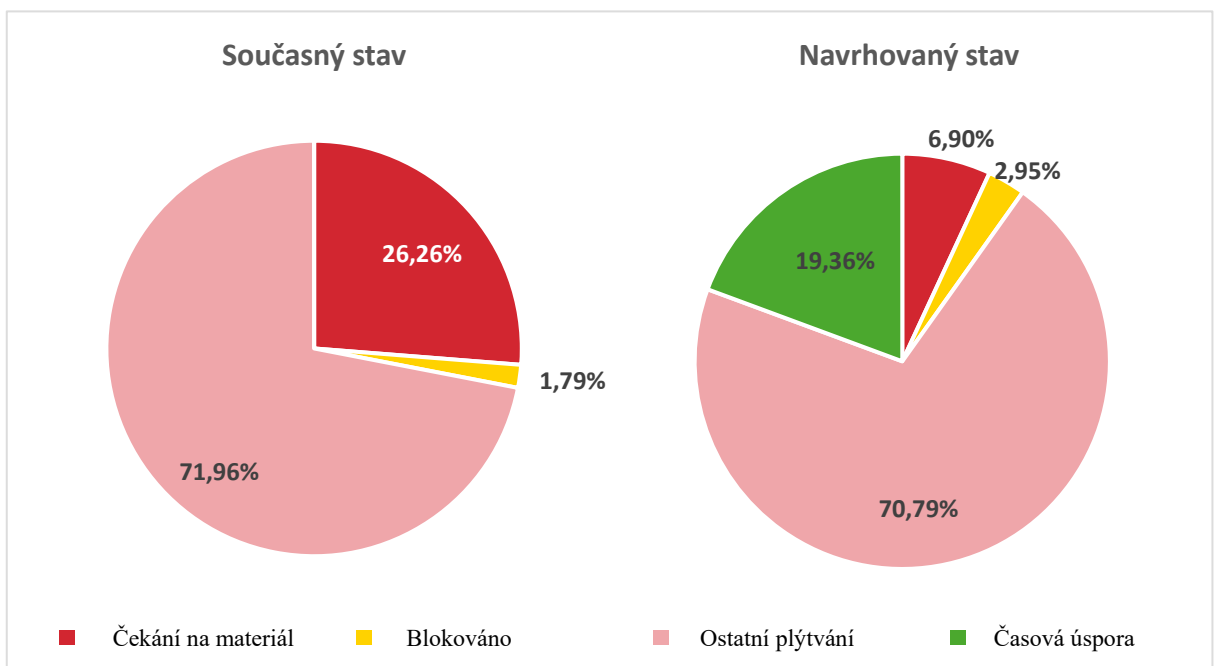
4.1 Zhodnocení návrhu využití válečkového dopravníku pro přesun materiálu na balicí pracoviště

Hlavním přínosem přesunu materiálu na balicí pracoviště pomocí dopravníku bude především úspora času. Pracovník skladu nemusí zásobování pracovišť provádět s využitím vozíku, ale požadovaný materiál umístí pouze na válečkový dopravník. Ten by byl následně přesunut na příslušné balicí pracoviště. Aby bylo možné časovou úsporu sledovat, byly provedeny dvě simulace, první pro současný stav a druhá pro přesun materiálu válečkovým dopravníkem. Výstup těchto simulací je znázorněn na obrázku 18. Sledovaným ukazatelem je vytížení pracovníka obsluhy automatizovaných skladových jednotek v období jednoho roku.



Obrázek 18 Vytížení pracovníků obsluhy automatizovaných skladových jednotek při implementaci návrhu 1 (autor)

Z obrázku 18 vyplývá, že prodloužení dopravníku a jeho využití pro zásobování balicích pracovišť díly sníží vytíženost pracovníka skladu na tolik, že by nemělo docházet ke zpoždění dodávek materiálu na pracoviště. Graf zároveň znázorňuje i náběh nových projektů v roce 2025, kde se očekává navýšení celkového objemu expedovaných dílů o 15 %. Časová úspora vzniklá implementací návrhu využití válečkového dopravníku pro přesun materiálu na balicí pracoviště je dostatečně velká i na to, aby byla zajištěna plynulost procesu i při zvýšení objemu dílů. Tato úspora je způsobena zkrácením průměrné doby přesunu KLT na balicí pracoviště z původních 36,93 sekund na 7,23 sekund. V rámci zhodnocení tohoto návrhu bylo zkoumáno i vytížení balicích pracovišť při implementaci tohoto návrhu, které je znázorněno grafem na obrázku 19.



Obrázek 19 Dopad na balicí pracoviště při aplikaci prvního návrhu (autor)

Na koláčových grafech (obrázek 19) je zobrazen detail plýtvání pro současný a navrhovaný stav. Po implementaci navrhovaného opatření se předpokládá snížení doby čekání na materiál z původních 26,3 % na 6,90 %. Zároveň můžeme vidět mírný nárůst hodnoty „Blokováno“. To je způsobeno tím, že válečkový dopravník je nyní více využíván a pracovníci musí čekat, než se uvolní. Výstupy z dynamické simulace pro návrh 1 jsou uvedeny v příloze B.

Výhody implementace návrhu využití válečkového dopravníku pro přesun materiálu na balicí pracoviště:

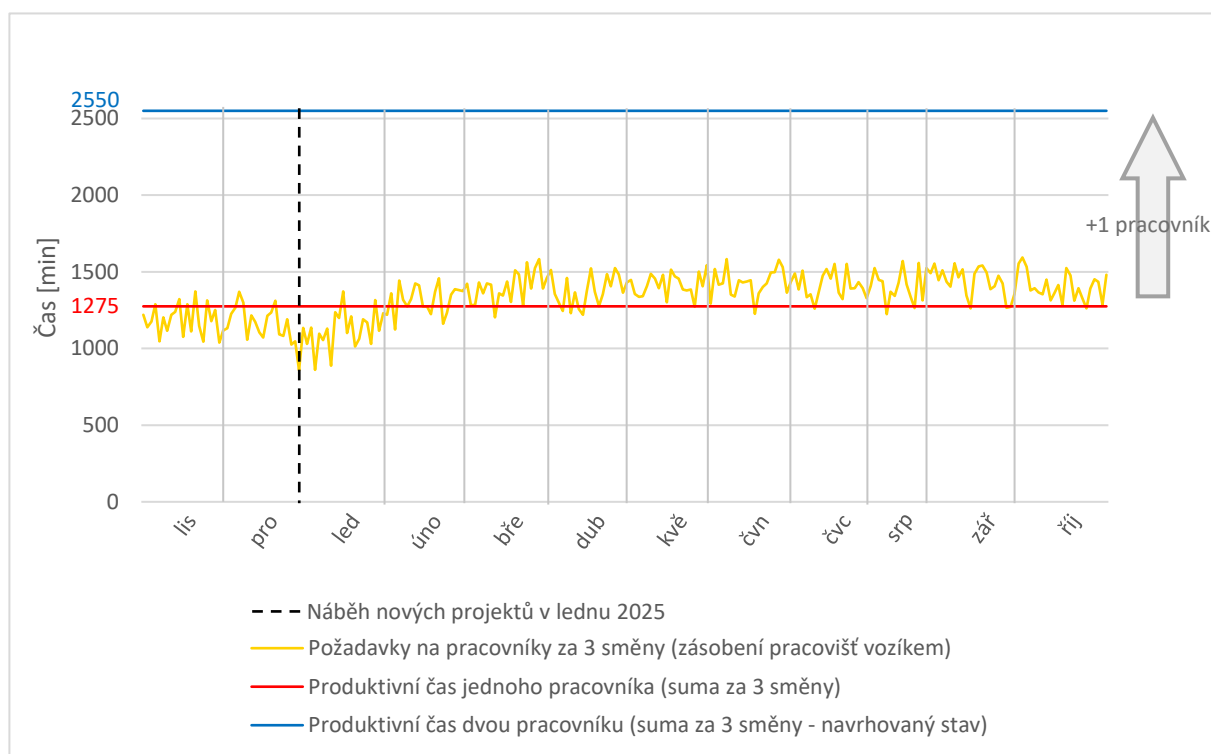
- Snížení vytíženosti obsluhy skladu a tím zvýšení plynulosti procesu z krátkodobého i dlouhodobého hlediska,
- napojení na stávající válečkový dopravník a informační systém.

Nevýhody implementace návrhu využití válečkového dopravníku pro přesun materiálu na balicí pracoviště:

- Nutná investice a budoucí náklady na údržbu a opravy,
- stavbu lze realizovat pouze při celozávodní dovolené nebo v průběhu vánočních svátků, aby nebyl omezen provoz,
- nutnost přesunu jedné z kanceláří řízení provozu a následná demolice této kanceláře z důvodu uvolnění prostoru pro dopravník.

4.2 Zhodnocení návrhu navýšení počtu pracovníků obsluhy automatizovaných skladových systémů

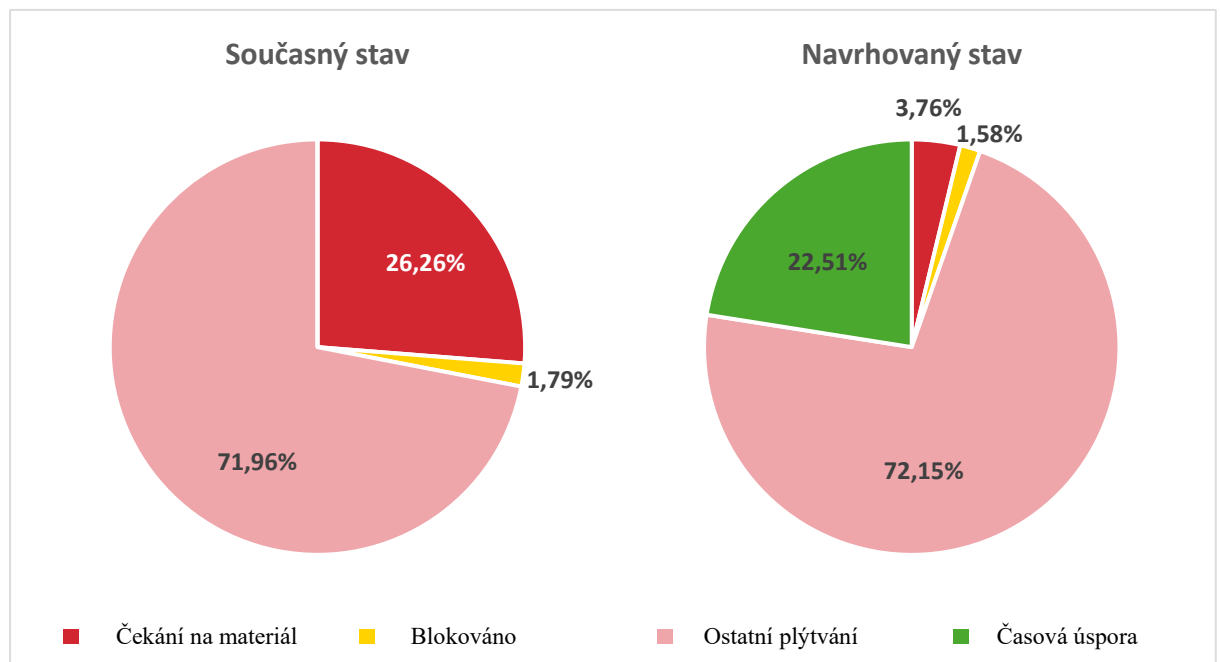
Přidání druhého pracovníka obsluhy automatizovaných skladových jednotek je rychlé řešení problému se zásobováním pracovišť materiálem. Pro zjištění, jaký dopad bude mít na sledovaný proces byla provedena dynamická simulace tohoto navrhovaného opatření, kdy se jeden z pracovníků věnoval pouze zaskladňování a druhý měl na starost vyskladnění a následný převoz na balicí pracoviště. Výsledky simulace zachycuje graf na obrázku 20.



Obrázek 20 Vytížení pracovníků obsluhy automatizovaných skladových jednotek při implementaci návrhu 2 (autor)

Z výsledků simulace zobrazených grafem na obrázku 20 lze vyčíst, že disponibilní fond dvou pracovníků je dostatečný na to, aby byly pokryty všechny požadavky pro každý den. To platí také pro požadavky v roce 2025, kdy dochází z důvodu náběhu nových projektů

k navýšení objemu expedovaných dílů o zhruba 15 %. Zároveň je nutné sledovat, jaký dopad bude mít tato změna na balicí pracoviště, jejichž využití zobrazuje graf na obrázku 21.



Obrázek 21 Dopad na balicí pracoviště při aplikaci druhého návrhu (autor)

Stejně jako u prvního návrhu se i v tomto případě snížila doba strávená čekáním na materiál. Z tohoto hlediska je návrh navýšení počtu pracovníků obsluhy automatizovaných skladových systémů vhodné řešení problému se zavážením. Oproti prvnímu návrhu se navíc snížila doba čekání na materiál na ještě nižší úroveň a vzniká tím i vyšší časová úspora na balicích pracovištích. Výstupy z dynamické simulace pro návrh 2 jsou uvedeny v příloze C.

Výhody návrhu navýšení počtu pracovníků obsluhy automatizovaných skladových systémů:

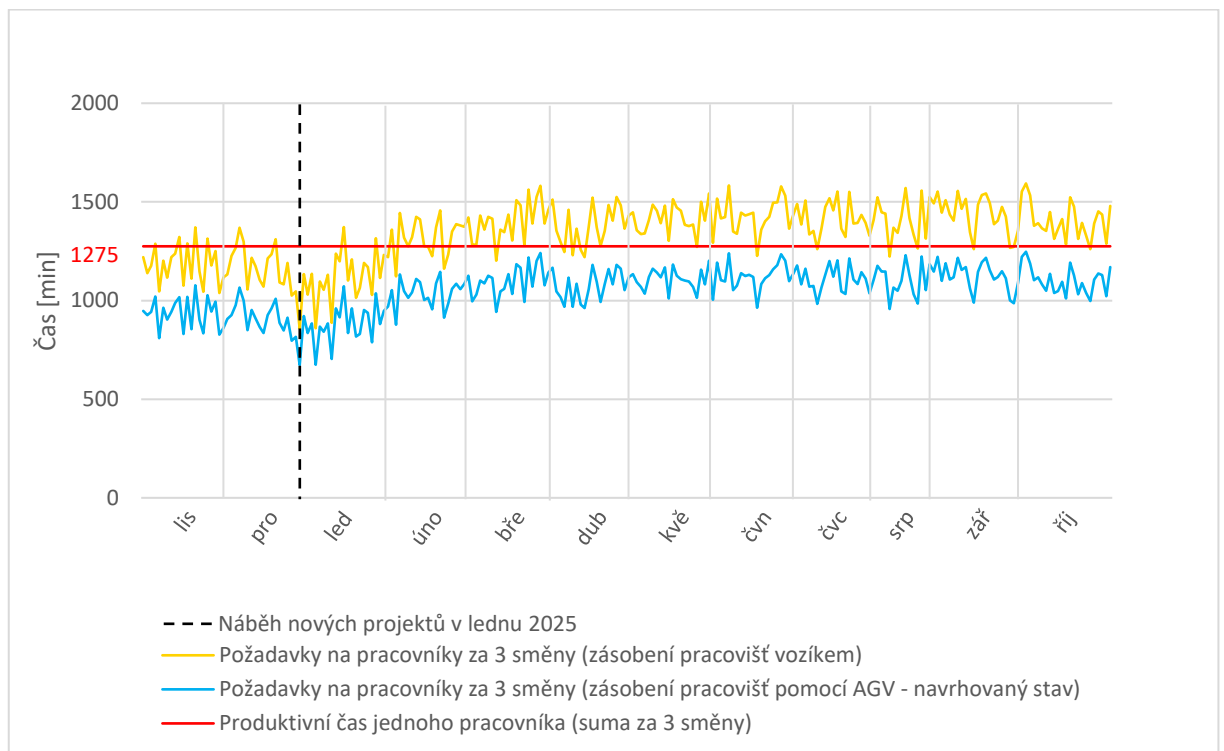
- rychlost implementace návrhu, pracovníka lze přidat ihned,
- prostorově nenáročné řešení na rozdíl od prvního návrhu.

Nevýhody návrhu navýšení počtu pracovníků obsluhy automatizovaných skladových systémů:

- nízká využitelnost pracovníků,
- potřeba školení pro obsluhu elektrických vozíků pro přesun materiálu.

4.3 Zhodnocení návrhu nasazení autonomních vozíků pro zásobování balicích pracovišť materiálem

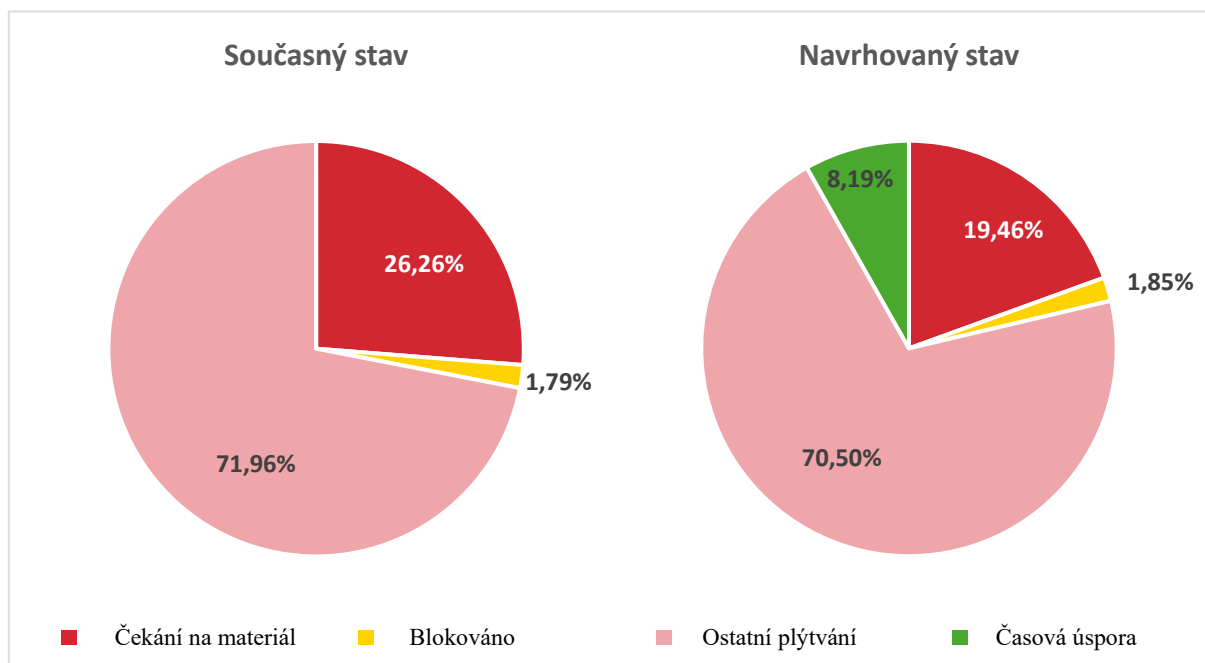
Automaticky řízené vozíky nejsou ve společnosti Škoda Auto žádnou novinkou, například v hale pro výrobu převodovek se využívají vozíky vyrobené společností CEIT. Smyslem třetího návrhu byla implementace této technologie na halu U33 pro zavážení materiálu na balicí pracoviště. Pokud by k implementaci došlo, je potřeba sledovat dopad na obsluhu skladových jednotek a pracovníky na balicích pracovištích. Obrázek 22 se vztahuje k vytíženosti pracovníka obsluhy automatizovaných skladových jednotek.



Obrázek 22 Vytížení pracovníka obsluhy automatizovaných skladových jednotek při implementaci návrhu 3 (autor)

Pokud by došlo k implementaci třetího návrhu a na hale U33 by byly nasazeny autonomní vozíky, znamenalo by to žádoucí pokles vytíženosti pracovníka obsluhy automatizovaných systémů. Tato nová technologie by měla zabezpečit také dostatečnou kapacitu tohoto pracovníka i po lednu roku 2025, kdy přibudou dva nové projekty a zvýší se mimo jiné požadavky na tohoto pracovníka. Výsledné hodnoty z dynamické simulace jsou velmi obdobné prvnímu návrhu, který spočívá ve využití dopravníku pro zásobení pracovišť. To je způsobeno tím, že v obou případech se výrazně zkrátí čas, který tráví pracovník skladu přesunem materiálu ze skladu na pracoviště. Větší část práce za něj totiž vykonává technologie a jeho úkolem je pouze přesun materiálu ze skladové jednotky na AGV.

Druhým důležitým a sledovaným kritériem je dopad na balicí pracoviště. Porovnání současného stavu oproti navrhovanému stavu s automaticky řízenými vozíky zobrazují grafy na obrázku 23.



Obrázek 23 Dopad na balicí pracoviště při aplikaci třetího návrhu (autor)

Sledovaným faktorem je především vzniklá časová úspora, která tvoří hodnotu 8,19 % oproti současnému stavu. V porovnání s předchozími dvěma návrhy je tato časová úspora výrazně nižší, a to především z důvodu nízké rychlosti autonomních vozíků. Příčinou je hlavně provoz. Na hale U33 se pohybuje velké množství vysokozdvížných vozíků a kapacita uliček je omezená. Ne zřídka se stává, že AGV musí počkat, než se uvolní cesta a následně může pokračovat v zavážení. Překážky tvoří i pohybující se pracovníci, kteří mají z důvodu bezpečnosti vždy přednost a automaticky řízený vozík před nimi zastaví, aby nedošlo k nehodě.

Tento problém je obtížně řešitelný, protože uspořádání haly ani její rozloha neumožňují rozšíření kapacity uliček a s celkovým rozšířením haly se do budoucna také nepočítá. I když z grafu na obrázku 23 vyplývá, že došlo k časové úspoře na balicích pracovištích a čekání na materiál se v porovnání se stávajícím stavem snížilo, je zde možné riziko zpomalení jiných procesů na hale U33. Výstupy z dynamické simulace pro návrh 3 jsou uvedeny v příloze D.

Výhody návrhu nasazení autonomních vozíků pro zásobování balicích pracovišť materiálem:

- možnost navýšit kapacitu AGV připojením dalšího vozíku,
- zkušenosti společnosti s navrhovanou technologií.

Nevýhody návrhu navýšení počtu pracovníků obsluhy automatizovaných skladových systémů:

- vysoké pořizovací náklady,
- potřeba proškolení zaměstnanců,
- riziko zpomalení ostatních procesů na hale.

4.4 Ekonomické zhodnocení navržených opatření

V této kapitole již byly zhodnoceny uvedené návrhy z hlediska efektivnosti a všechny vykazují zlepšení současného stavu. Tato část se zabývá ekonomickým zhodnocením uvedených návrhů. V tabulce 5 jsou obsaženy jednotlivé nákladové položky, které by vznikly při zavádění návrhů. Hodnoty v tabulce 5 byly upraveny koeficientem z důvodu ochrany citlivých údajů společnosti.

Tabulka 5 Přehled nákladů spojených s implementací jednotlivých návrhů

Položka	Náklady
Návrh 1 – přehled nákladů spojených s prodloužením dopravníku	
Pořízení válečkového dopravníku	1 684 800 Kč
Montáž válečkového dopravníku	117 450 Kč
Softwarové řešení	175 500 Kč
Demolice řízení provozu	93 150 Kč
Náklady na údržbu za rok	25 650 Kč
Návrh 2 – přehled nákladů spojených s přidáním druhého zaměstnance	
Roční náklady na zaměstnance (včetně povinných odvodů, benefitů atd.)	1 485 000 Kč
Návrh 3 – přehled nákladů spojených s nasazením autonomních vozíků	
Pořízení autonomních vozíků	1 444 500 Kč
Instalace a uvedení do provozu	330 750 Kč
Náklady na údržbu za rok	137 700 Kč

Zdroj: autor, Škoda Auto (2023)

Pořízení válečkového dopravníku včetně veškerých potřebných součástí a třídícího modulu představuje náklady ve výši 1 684 800 Kč. Montáž a napojení na stávající část dopravníku se pojí s dalšími náklady, konkrétně 117 450 Kč a tato montáž bude prováděna externí společností. Prodloužení dopravníku k automatizovaným skladovým jednotkám a jeho využívání pro zavážení pracovišť není spojené pouze se samotnou montáží dopravníku. Je potřeba brát v potaz i nutnost přesunu jedné z kanceláří řízení provozu a následnou demolici. Předpokládané náklady spojené s demolicí této kanceláře jsou vyčísleny na 93 150 Kč a budou provedeny interními pracovníky. Posledním krokem je správné nastavení dopravníku a jeho napojení na informační systém. Tento zásah bude v režii interního oddělení ve spolupráci s externí společností, která dopravník montuje. Odhadované náklady za tento softwarový zásah a finální nastavení jsou 175 500 Kč. Zároveň je nutno počítat s předpokládanými ročními náklady na údržbu ve výši 25 650 Kč.

Druhý návrh spočívá v přidání druhého pracovníka obsluhy automatizovaných skladových systémů do projektového stavu. Celkové roční náklady za takového pracovníka jsou 1 485 000 Kč. Jedná se o výslednou částku, která zahrnuje mzdu, povinné odvody, příspěvky na stravování, zaměstnanecké benefity a další.

Podstatou posledního návrhu je implementace autonomních vozíků do procesu zásobení balicích pracovišť. Pořízení AGV by znamenalo náklady ve výši 1 444 500 Kč a následně dalších 330 750 Kč za instalaci a uvedení do provozu. Údržba automaticky řízeného vozíku by společnost ročně stála 137 700 Kč.

Celková pořizovací cena a předpokládané náklady za rok pro jednotlivé návrhy jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6 Pořizovací cena a roční náklady spojené s navrhovanými opatřeními

	Návrh 1	Návrh 2	Návrh 3
	Pásový dopravník	Přidání pracovníka	AGV
Pořizovací cena	2 070 900 Kč	0 Kč	1 775 250 Kč
Předpokládané roční náklady	25 650 Kč	1 485 000 Kč	137 700 Kč

Zdroj: autor, Škoda Auto (2023)

Nejvyšší pořizovací cena se pojí k pásovému dopravníku, a to 2 070 900 Kč. Vzhledem ke konstrukci dopravníku se ale počítá s nižšími ročními náklady ve výši 25 650 Kč. V těchto ročních nákladech jsou zahrnuty položky jako výměna ložisek nebo opravy motoru, které má na starost interní oddělení společnosti. Součástí druhého návrhu je pouze přidání druhého

pracovníka, což znamená roční náklady 1 485 000 Kč. Tyto náklady zahrnují mzdu pracovníka, povinné odvody, ochranné oděvy, benefity a roční bonusy a další. V případě implementace třetího návrhu musí společnost počítat s pořizovací cenou AGV ve výši 1 775 250 Kč a ročními výdaji za údržbu a opravy 137 700 Kč.

4.5 Shrnutí zhodnocení navržených opatření

V této kapitole byla zhodnocena tři navrhovaná opatření pro zlepšení problému se zásobením balicích pracovišť. Implementace kteréhokoliv z uvedených návrhů pomůže tento proces zlepšit.

Realizace návrhu prodloužení dopravníku a jeho následné využití pro zásobení pracovišť přinese výraznou časovou úsporu nejen pro skladníka, ale také pro pracovníky na balicích pracovištích. Prodloužení dopravníku je nutno řádně naplánovat na letní celozávodní dovolenou, aby se předešlo omezení provozu na hale.

Přidání druhého pracovníka je snadné a efektivní řešení problému, vhodné v případě potřeby vypořádat se s problémem rychle. Tento návrh předpokládá i nejvyšší nárůst úspory času na balicích pracovištích. Nevýhodou je dlouhodobě nízká vytíženost těchto zaměstnanců.

Posledním návrhem je implementaci automaticky řízených vozíků do procesu. Nasazení AGV bude mít pozitivní dopad na řešený problém, ale s nižším efektem v porovnání s předchozími dvěma návrhy. Vzhledem k vysoké pořizovací ceně a dalším investičním nákladům se tento návrh jeví jako méně vhodný.

Vzhledem k výhodám a nevýhodám jednotlivých návrhů a nákladům spojených s realizací návrhů autor doporučuje jako vhodné řešení prodloužení válečkového dopravníku a jeho využití pro zásobení balicích pracovišť.

ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá logistickými procesy v expedičním centru dílů ve společnosti Škoda Auto. Toto centrum slouží k expedici vozů do zahraničí, ovšem vozidla jsou odtud transportována v nesmontovaném stavu do externích závodů, kde probíhá samotná montáž a následně se dostávají ke koncovým zákazníkům. Před transportem je nezbytné zabalit části vozu z dodavatelských obalů do expedičních, aby byl zajištěn bezpečný převoz do zmíněných zahraničních závodů. Díly se nejčastěji přepravují z Mladé Boleslavi do závodů v Indii, Malajsii, Mexiku nebo Brazílii. Správné balení je tedy nezbytností, aby se zabránilo jakémukoliv znehodnocení materiálu.

V práci je zpracována analýza procesu přebalování expedovaných dílů pomocí dynamické simulace. Výstupní data této metody sloužila k odhalení úzkých míst ve zkoumaném procesu. Hlavní problém představuje zavážení balicích pracovišť materiálem. Tuto činnost vykonává pouze jeden pracovník a v některých případech nestíhá plnit všechny požadavky, čímž vznikají nežádoucí prostoje. Vysoké vytížení tohoto zaměstnance není potíží pouze z krátkodobého hlediska, ale velké riziko nastává na přelomu roku 2024 a 2025, kdy budou nabíhat nové projekty a s tím související navýšení množství exportovaných dílů.

Třetí kapitola obsahuje tři návrhy řešení tohoto problému. První z nich spočívá ve využití válečkového dopravníku pro zásobování balicích pracovišť. Jednalo by se pouze o jeho prodloužení, jelikož se v současnosti využívá pro přesun materiálu na konsolidační plochu. Obsahem druhého návrhu je přidání dalšího pracovníka. Posledním návrhem je implementace automaticky řízených vozíků, které budou pracoviště zásobovat požadovaným materiálem.

V poslední části jsou tři uvedené návrhy zhodnoceny pomocí dynamické simulace. Nechybí zde ani vyčíslení nákladů pro jednotlivé návrhy. Cílem této diplomové práce bylo na základě provedené analýzy logistických procesů navrhnout opatření, která zlepší tyto procesy. Všechny uvedené návrhy přispějí ke zlepšení stávajícího stavu a lze je realizovat nezávisle na sobě. Po zhodnocení jednotlivých návrhů doporučuje autor jako vhodné řešení první návrh – Využití válečkového dopravníku pro přesun materiálu na balicí pracoviště.

POUŽITÁ LITERATURA

- BANDYOPADHYAY, Susmita, 2019. *Production and Operations: Traditional, Latest, and Smart Views*. CRC Press. ISBN 978-1351113663.
- ČIŽINSKÁ, Romana, 2018. *Základy finančního řízení podniku*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0194-8.
- DLOUHÝ, Martin et al., 2007. *Simulace podnikových procesů*. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-1649-4.
- ELIZANDRO, David a Taha, HAMDY, 2022. *Simulation of Industrial Systems Discrete Event Simulation Using Excel VBA*. CRC Press. ISBN 1-4200-6744-3.
- FISHMAN, George, 2001. *Discrete-Event Simulation: Modeling, Programming, and Analysis*. Springer London. ISBN 978-1-4419-2892-4.
- GIANPAOLO, Ghiani, Gilbert LAPORTE a Roberto Musmanno, 2022. *Introduction to logistics systems management*. Wiley. ISBN 978-1119943389
- KAHRAMAN, Cengiz a Selcuk, CEBI, 2020. *Customer Oriented Product Design: Intelligent and Fuzzy Techniques*. Springer London. ISBN 978-3-030-42188-5.
- KEŘKOVSKÝ, Miloslav, 2009. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. vyd. Praha: C.H. Beck. ISBN 978-80-7400-119-2.
- LAGUNA, Manuel a Johan MARKLUND, 2013. *Business Process Modeling, Simulation and Design*. CRC Press. ISBN 978-1-4398-8528-4.
- LUKOSZOVÁ, Xenie, 2020. *Logistika pro obchod a marketing*. Jesenice: Ekopress. ISBN 978-80-87865-59-0.
- MANZINI, Riccardo, 2014. *Warehousing in the Global Supply Chain: Advanced Models, Tools and Applications for Storage Systems*. Springer London. ISBN 978-1-4471-6032-8.
- MARTINOVIČOVÁ, Dana, Miloš KONEČNÝ a Jan VAVŘINA, 2019. *Úvod do podnikové ekonomiky*. 2., aktualizované vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-2034-5.
- SEDLÁČEK, Jaroslav, 2004. *Účetnictví podnikatelů: po vstupu do Evropské unie*. Praha: C.H. Beck. ISBN 80-7179-859-2.
- SIEMENS, 2022a. Plant Simulation & Throughput Optimization. *Siemens* [online]. [cit. 2022-12-30]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/cz/products/manufacturing-planning/plant-simulation-throughput-optimization.html>
- SIEMENS, 2022b. Tecnomatix. *Siemens* [online]. [cit. 2022-12-30]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/tecnomatix/>
- SIEMENS, 2022c. Digital transformation. *Siemens* [online]. [cit. 2022-12-30]. Dostupné z: <https://www.sw.siemens.com/en-US/digital-transformation/>

- SIXTA, Josef a Miroslav ŽIŽKA, 2009. *Logistika: metody používané pro řešení logistických projektů*. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-2563-2.
- SIXTA, Josef a Václav MAČÁT, 2005. *Logistika: teorie a praxe*. Brno: CP Books. ISBN 80-251-0573-3.
- STARK, Arlo, 2019. *Supply chain management*. ED-Tech Press. ISBN 978-1-83947-317-3.
- STRICKLAND, Jeffrey, 2013. *Discrete Event Simulation Using ExtendSim 8*. Lulu Press, Inc. ISBN 978-1-300-79058-7.
- SYNEK, Miloslav, 2011. *Manažerská ekonomika. 5., aktualiz. a dopl. vyd.* Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3494-1.
- ŠKODA AUTO, 2021a. Výroční zpráva 2021. *ŠKODA Storyboard* [online]. [cit 2023-01-22]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/vyrocnizpravy/>
- ŠKODA AUTO, 2021b. Škoda Auto v roce 2030? Elektrifikovanější a digitálnější. *ŠKODA Storyboard* [online]. [cit 2023-01-22]. <https://www.skoda-storyboard.com/cs/skoda-svet-cs/next-level-strategy-2030/>
- ŠKODA AUTO, 2023. Interní materiály společnosti. Mladá Boleslav: Škoda Auto a.s.
- ŠKODA AUTO, 2017. Interní materiály společnosti. Mladá Boleslav: Škoda Auto a.s.
- ŠTŮSEK, Jaromír, 2007. *Řízení provozu v logistických řetězcích*. Praha: C.H. Beck. ISBN 978-80-7179-534-6.
- TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2007. *Řízení výroby a nákupu*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1479-0.
- TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2014. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4486-5.
- TWI Global, 2022. What is simulation? What does it mean? *TWI Global* [online]. [cit. 2022-12-26]. Dostupné z: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-simulation#WhatcanbeSimulated>
- WAINER, Gabriel A., 2009. *Discrete-Event Modeling and Simulation: A Practitioner's Approach*. CRC Press. ISBN 978-1-4200-5336-4.
- WÖHE, Günter a Eva KISLINGEROVÁ, 2007. *Úvod do podnikového hospodářství. 2., přeprac. a dopl. Vyd.* Praha: C.H. Beck. ISBN 978-80-7179-897-2.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1	Typy skladů podle průběhu výroby	13
Tabulka 2	Výhody velkého a malého objemu zásob	16
Tabulka 3	Vstupní tabulka dat dynamické simulace.....	35
Tabulka 4	Produktivní čas pracovníka.....	39
Tabulka 5	Přehled nákladů spojených s implementací jednotlivých návrhů	57
Tabulka 6	Požizovací cena a roční náklady spojené s navrhovanými opatřeními	58

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Model autobusové dopravy	18
Obrázek 2	Materiálový tok od dodavatelů do ECD a zahraničních montážních závodů	23
Obrázek 3	Montážní set Medium Knock Down	24
Obrázek 4	Layout expedičního centra dílů	27
Obrázek 5	Layout haly U33 v expedičním centru dílů	28
Obrázek 6	Tok materiálu na hale U33	30
Obrázek 7	Automatizované skladové systémy Kardex na hale U33	31
Obrázek 8	Termínový plán tvorby modelu dynamické simulace haly U33	33
Obrázek 9	Materiálový tok zkoumaného procesu	34
Obrázek 10	Vytížení KLT balicích pracovišť	41
Obrázek 11	Průměrné vytížení KLT pracoviště a detail plýtvání na pracovišti	42
Obrázek 12	Vytížení obsluhy automatizovaných skladových systémů	43
Obrázek 13	Předpokládané vytížení obsluhy automatizovaných skladových systémů od listopadu 2024 do října 2025	44
Obrázek 14	Současný a navrhovaný stav využití válečkového dopravníku na KLT lince	47
Obrázek 15	Vozík pro zavážení balicích pracovišť materiálem	48
Obrázek 16	Automaticky řízený vozík CEIT	49
Obrázek 17	Layout KLT balicí linky s vyznačenou trasou autonomních vozíků	50
Obrázek 18	Vytížení pracovníků obsluhy automatizovaných skladových jednotek při implementaci návrhu 1	51
Obrázek 19	Dopad na balicí pracoviště při aplikaci prvního návrhu	52
Obrázek 20	Vytížení pracovníků obsluhy automatizovaných skladových jednotek při implementaci návrhu 2	53
Obrázek 21	Dopad na balicí pracoviště při aplikaci druhého návrhu	54
Obrázek 22	Vytížení pracovníka obsluhy automatizovaných skladových jednotek při implementaci návrhu 3	55
Obrázek 23	Dopad na balicí pracoviště při aplikaci třetího návrhu	56

SEZNAM ZKRATEK

AGV	Automated Guided Vehicles Automaticky řízené vozíky
AS/RS	Automated storage and retrieval system Automatické uskladňovací a vychystávací systémy
CKD	Complete knock-down Nejvyšší rozloženost vozu
EBR	Einbaurate Počet kusů konkrétního dílu potřebných pro montáž jednoho vozu
ECD	Expediční centrum dílů
GLT	Plastová paleta pro velké díly
JIS	Just in Sequence Logistická metoda „v sekvencích“
JIT	Just in Time Logistická metoda „právě včas“
KLТ	Kleine ladung transporter Přepravka pro malé díly
MKD	Medium knock-down Střední rozloženost vozu
PLL-A/1	Oddělení plánování logistiky zahraničí
PPS/4	Oddělení řízení konceptů výroby a investic
SKD	Semi knock-down Nejnižší rozloženost vozu
VBZ	Normovaný čas potřebný pro danou činnost
VCI	Volatile corrosion inhibitor Fólie pro ochranu kovových dílů proti korozi

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A Výstupy dynamické simulace pro současný stav

Příloha B Výstupy dynamické simulace při implementaci návrhu 1 – válečkový dopravník

Příloha C Výstupy dynamické simulace při implementaci návrhu 2 – přidání pracovníka

Příloha D Výstupy dynamické simulace při implementaci návrhu 3 – AGV

Příloha E Přehled dodavatelských KLT a jejich rozměry v mm

Příloha F Model dynamické simulace zkoumaného procesu vytvořený v softwaru Siemens Plant Simulation

Příloha G KLT balicí linka

Příloha H Konsolidační plocha

Příloha A Výstupy dynamické simulace pro současný stav

Výstupy dynamické simulace – současný stav						
KLT Pracoviště	Pracuje	Předání směny a úklid	Plýtvání – detail			Pauza
			Čekání	Blokováno	Ostatní	
KLT 1	82,70 %	5,04 %	1,56 %	0,11 %	4,34 %	6,25 %
KLT 2	82,49 %	5,19 %	1,73 %	0,14 %	4,20 %	6,25 %
KLT 3	82,34 %	5,58 %	1,56 %	0,06 %	4,21 %	6,25 %
KLT 4	82,38 %	5,49 %	1,57 %	0,13 %	4,18 %	6,25 %
KLT 5	82,64 %	5,03 %	1,47 %	0,11 %	4,50 %	6,25 %
KLT 6	82,16 %	4,99 %	1,83 %	0,14 %	4,63 %	6,25 %
KLT 7	82,28 %	5,15 %	1,47 %	0,16 %	4,69 %	6,25 %
KLT 8	81,80 %	4,87 %	1,98 %	0,13 %	4,97 %	6,25 %
KLT 9	82,58 %	4,85 %	1,79 %	0,10 %	4,43 %	6,25 %
KLT 11	81,91 %	5,42 %	1,49 %	0,03 %	4,90 %	6,25 %
Průměr	82,33 %	5,16 %	1,64 %	0,11 %	4,51 %	6,25 %

Zdroj: autor

Příloha B Výstupy dynamické simulace při implementaci návrhu 1 – válečkový dopravník

Výstupy dynamické simulace – návrh využití válečkového dopravníku						
KLT Pracoviště	Pracuje	Předání směny a úklid	Plýtvání – detail			Pauza
			Čekání	Blokováno	Ostatní	
KLT 1	83,12 %	5,04 %	0,48 %	0,18 %	4,93 %	6,25 %
KLT 2	83,29 %	5,19 %	0,49 %	0,21 %	4,57 %	6,25 %
KLT 3	83,08 %	5,58 %	0,42 %	0,20 %	4,46 %	6,25 %
KLT 4	83,07 %	5,49 %	0,50 %	0,20 %	4,49 %	6,25 %
KLT 5	83,94 %	5,03 %	0,37 %	0,17 %	4,24 %	6,25 %
KLT 6	84,01 %	4,99 %	0,40 %	0,17 %	4,19 %	6,25 %
KLT 7	83,66 %	5,15 %	0,39 %	0,20 %	4,35 %	6,25 %
KLT 8	83,95 %	4,87 %	0,48 %	0,15 %	4,31 %	6,25 %
KLT 9	84,09 %	4,85 %	0,38 %	0,15 %	4,28 %	6,25 %
KLT 11	83,21 %	5,42 %	0,42 %	0,20 %	4,50 %	6,25 %
Průměr	83,54 %	5,16 %	0,43 %	0,18 %	4,43 %	6,25 %

Zdroj: autor

Příloha C Výstupy dynamické simulace při implementaci návrhu 2 – přidání pracovníka

Výstupy dynamické simulace – návrh přidání druhého pracovníka skladu						
KLT Pracoviště	Pracuje	Předání směny a úklid	Plytvání – detail			Pauza
			Čekání	Blokováno	Ostatní	
KLT 1	83,54 %	5,04 %	0,23 %	0,08 %	4,86 %	6,25 %
KLT 2	83,79 %	5,19 %	0,23 %	0,09 %	4,46 %	6,25 %
KLT 3	83,27 %	5,58 %	0,24 %	0,10 %	4,56 %	6,25 %
KLT 4	83,60 %	5,49 %	0,23 %	0,08 %	4,36 %	6,25 %
KLT 5	83,63 %	5,03 %	0,25 %	0,14 %	4,70 %	6,25 %
KLT 6	84,28 %	4,99 %	0,24 %	0,08 %	4,17 %	6,25 %
KLT 7	83,55 %	5,15 %	0,23 %	0,11 %	4,71 %	6,25 %
KLT 8	84,09 %	4,87 %	0,22 %	0,11 %	4,47 %	6,25 %
KLT 9	84,11 %	4,85 %	0,25 %	0,08 %	4,46 %	6,25 %
KLT 11	83,53 %	5,42 %	0,24 %	0,14 %	4,43 %	6,25 %
Průměr	83,74 %	5,16 %	0,24 %	0,10 %	4,52 %	6,25 %

Zdroj: autor

Příloha D Výstupy dynamické simulace při implementaci návrhu 3 – AGV

Výstupy dynamické simulace – návrh zavážení pracovišť pomocí AGV						
KLT Pracoviště	Pracuje	Předání směny a úklid	Plytvání – detail			Pauza
			Čekání	Blokováno	Ostatní	
KLT 1	82,84 %	5,04 %	1,18 %	0,12 %	4,58 %	6,25 %
KLT 2	82,58 %	5,19 %	1,25 %	0,12 %	4,62 %	6,25 %
KLT 3	82,58 %	5,58 %	1,20 %	0,08 %	4,32 %	6,25 %
KLT 4	82,49 %	5,49 %	1,23 %	0,15 %	4,39 %	6,25 %
KLT 5	83,19 %	5,03 %	1,19 %	0,15 %	4,20 %	6,25 %
KLT 6	83,11 %	4,99 %	1,32 %	0,15 %	4,18 %	6,25 %
KLT 7	82,89 %	5,15 %	1,16 %	0,04 %	4,50 %	6,25 %
KLT 8	83,00 %	4,87 %	1,20 %	0,13 %	4,56 %	6,25 %
KLT 9	83,09 %	4,85 %	1,17 %	0,15 %	4,49 %	6,25 %
KLT 11	82,65 %	5,42 %	1,29 %	0,08 %	4,31 %	6,25 %
Průměr	82,84 %	5,16 %	1,22 %	0,12 %	4,41 %	6,25 %

Zdroj: autor

Příloha E Přehled dodavatelských KLT a jejich rozměry v mm



Zdroj: Škoda Auto (2023), autor

Příloha F Model dynamické simulace zkoumaného procesu vytvořený v softwaru Siemens Plant Simulation



Zdroj: autor

Příloha G KLT balicí linka



Zdroj: autor

Příloha H Konsolidační plocha



Zdroj: autor